

# エネルギー政策検討報告書

～エネルギー政策に関する論点整理と

再生可能エネルギーの県内導入について～

平成 23 年 12 月

若手職員政策提案「エネルギー政策」検討グループ



## 目 次

<はじめに>	1
<b>第1章 世界のエネルギー供給等の現状</b>	<b>2</b>
I 世界のエネルギー供給構造	2
II 世界のエネルギー政策の動向	3
1. エネルギー政策に必要な視点	3
(1) 安定供給の確保	3
(2) 環境への適合	3
(3) 経済効率性の実現	3
2. エネルギー政策の各国比較	3
<b>第2章 日本のエネルギー供給等の現状</b>	<b>5</b>
I 国内の現状	5
1. 発電施設等の現状	5
2. 発電特性に応じた発電所の運用	5
3. 電源構成の考え方	7
<b>第3章 国のエネルギー政策の見直しの現状</b>	<b>8</b>
I 国のエネルギー政策見直しの概要	8
1. 革新的エネルギー・環境戦略(エネルギー・環境会議)	8
2. エネルギー基本計画の改定	9
3. 原子力政策大綱	9
4. 各エネルギー政策見直しの関連とスケジュール	10
<再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度の導入について>	11
<b>第4章 各種電源の概要</b>	<b>12</b>
I 各種電源の分類	12
1. 既存電源	12
2. その他の電源	12
II 電源毎の概要	13
1. 火力発電	13
(1) 発電の仕組み	13
(2) 導入状況	13
(3) 課題等	14
(4) 今後の動向	14
2. 原子力発電	15
(1) 発電の仕組み	15
(2) 導入状況	15
(3) 課題等	15
3. 水力発電	15
(1) 発電の仕組み	16
(2) 導入状況	16
(3) 課題等	16
(4) 今後の動向	16
4. 太陽光発電	17
(1) 発電の仕組み	17

(2) 導入状況	18
(3) 課題等	18
(4) 今後の動向	18
<太陽光発電による発電電力量の各県比較><導入事例の調査(大規模太陽光発電)>	19
5. 風力発電	20
(1) 発電の仕組み	20
(2) 導入状況	20
(3) 課題等	21
(4) 今後の動向	21
<導入事例の調査(洋上風力発電)>	21
6. 小水力発電	22
(1) 発電の仕組み	22
(2) 導入状況	22
(3) 課題等	22
(4) 今後の動向	22
<導入事例の調査(小水力発電)>	23
7. 木質バイオマス	24
(1) 利用方法等	24
(2) 導入状況	25
(3) 課題等	25
(4) 今後の動向	26
<導入事例の調査(林地残材バイオマス石炭混焼発電)>	26
8. 地熱発電	27
(1) 発電の仕組み	27
(2) 導入状況	27
(3) 課題等	27
(4) 今後の動向	28
9. その他発電方式	28
(1) 太陽熱発電	28
(2) 波力発電	28
(3) 海洋温度差発電	29
(4) その他	30
III 各種電源の比較	31
1. 安定供給性	31
2. 環境適合性	31
3. 経済効率性	32
4. 各種電源の比較一覧表	33
<b>第5章 再生可能エネルギーの可能性</b>	<b>35</b>
I 再生可能エネルギーの現状等	35
1. 背景	35
(1) エネルギー安全保障の強化	35
(2) 地球温暖化対策の強化	35
(3) 経済成長の実現	35

2. 現状	36
(1) 導入目標	36
(2) 導入状況	36
II 国内の導入ポテンシャル	37
1. 太陽光発電(非住宅系)	37
2. 太陽光発電(住宅用)	37
3. 風力発電	38
4. 中小水力発電	38
5. 地熱発電	38
6. 導入ポテンシャル等の総括	38
III 再生可能エネルギーの導入拡大に向けた取り組み	40
1. 太陽光や風力発電等の大量導入に伴う電力系統上の課題	40
2. 新たな電力供給システムの構築	41
(1) 日本版スマートグリッドの構築に向けた取り組み	41
(2) 電力利用の最適化に関する取り組み	42
(3) 規制改革に関する取り組み	45
<b>第6章 これまでのまとめとエネルギー政策に関する考察</b>	<b>46</b>
I これまでのまとめ	46
II エネルギー政策に関する考察	47
<b>第7章 再生可能エネルギーの県内導入</b>	<b>48</b>
I 県内導入の適性	48
1. 太陽光発電	48
2. 風力発電	49
3. 小水力発電	49
4. 地熱発電	49
5. 木質バイオマス	50
II 特に推進すべき再生可能エネルギー	50
1. 導入ポテンシャルからの観点	50
2. 地域貢献等からの観点	51
3. 再生可能エネルギー導入に向けた県支援の考え方	51
<b>第8章 県内導入に係るモデル事業の提案</b>	<b>52</b>
I 農業用水路におけるマイクロ水力発電の導入	52
1. 背景	52
2. 導入における検討事項	53
(1) 導入候補地点の選定	53
(2) 概略(基本)設計	53
(3) 概略(基本)設計における経済評価について	54
(4) 実施設計	57
3. 水車形式	57
(1) 水車の選定	57
(2) 流水利用型(低落差)発電設備	58
4. 課題解決と支援策	58
(1) 導入候補地点の選定	58

(2) 投資回収期間の長期化	58
(3) 除塵設備	59
(4) 買電価格の設定	59
5. まとめ	59
II 島根県で木質バイオマス利用を進めるにあたって	60
1. 島根県で木質バイオマス利用を進めるメリット	60
2. 島根県における木質チップのエネルギー利用の現状	60
3. 木質チップボイラーの導入拡大	61
4. 木質バイオマスを安定供給するための課題と解決策	62
5. モデル事業の提案	65
6. 提案したモデル事業の具体的な支援策	66
<あとがき>	67

## <はじめに>

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)により多くの発電所が被害を受けた。加えて福島第一原子力発電所の事故及びこれに伴う安全性の確認作業などにより、国内の多くの原子力発電所が運転を停止したため、東北及び関東地方では深刻な電力不足に陥った。国民や企業の努力による節電によって今年の夏は乗り切ったが、引き続き電力は不足しており、早急な解決策の提示が求められている。

また、今回の原発事故によって、原子力発電の安全性に対する信頼が揺らぐとともに、ひとたび発生した場合の原発事故の甚大性から、原子力発電の是非について問う声があがっている。

こうしたことから、我々、若手職員政策提案「エネルギー政策」検討グループでは、エネルギー政策のうち特に電力を中心として、その需給構造や既存電源の現状と課題、さらに新たなエネルギー源として期待されている再生可能エネルギーについて検討を行ってきた。

エネルギー政策については、安全を大前提として、エネルギー自給率の向上や安定供給の確保、地球温暖化対策への貢献、経済効率性などの従来からの視点も考慮した上で、国民の同意が得られるものとする必要がある。さらには、発電所の建設や再生可能エネルギーの技術開発などはかなりの時間を要するため、中長期的な観点での政策構築も必要となる。

今回のとりまとめでは、現在行われているこうした様々な視点からの議論についての論点整理を行うとともに、島根県内への再生可能エネルギー導入の可能性やモデル事業、必要となる支援について提案を行うものである。加えて専門知識がないと分かりにくいとされる電力需給構造などについて解説を加えた。

平成 23 年 12 月 22 日

### <若手職員政策提案「エネルギー政策」検討グループ>

地域振興部土地資源対策課	主任	植田 智則
農林水産部農地整備課	主任	吉廻 康二
農林水産部林業課	主任林業普及員	川部 真也
土木部河川課	主任	恩田 宙
企業局東部事務所	主任	加津山 正樹
企業局東部事務所	主任	藤井 雄二

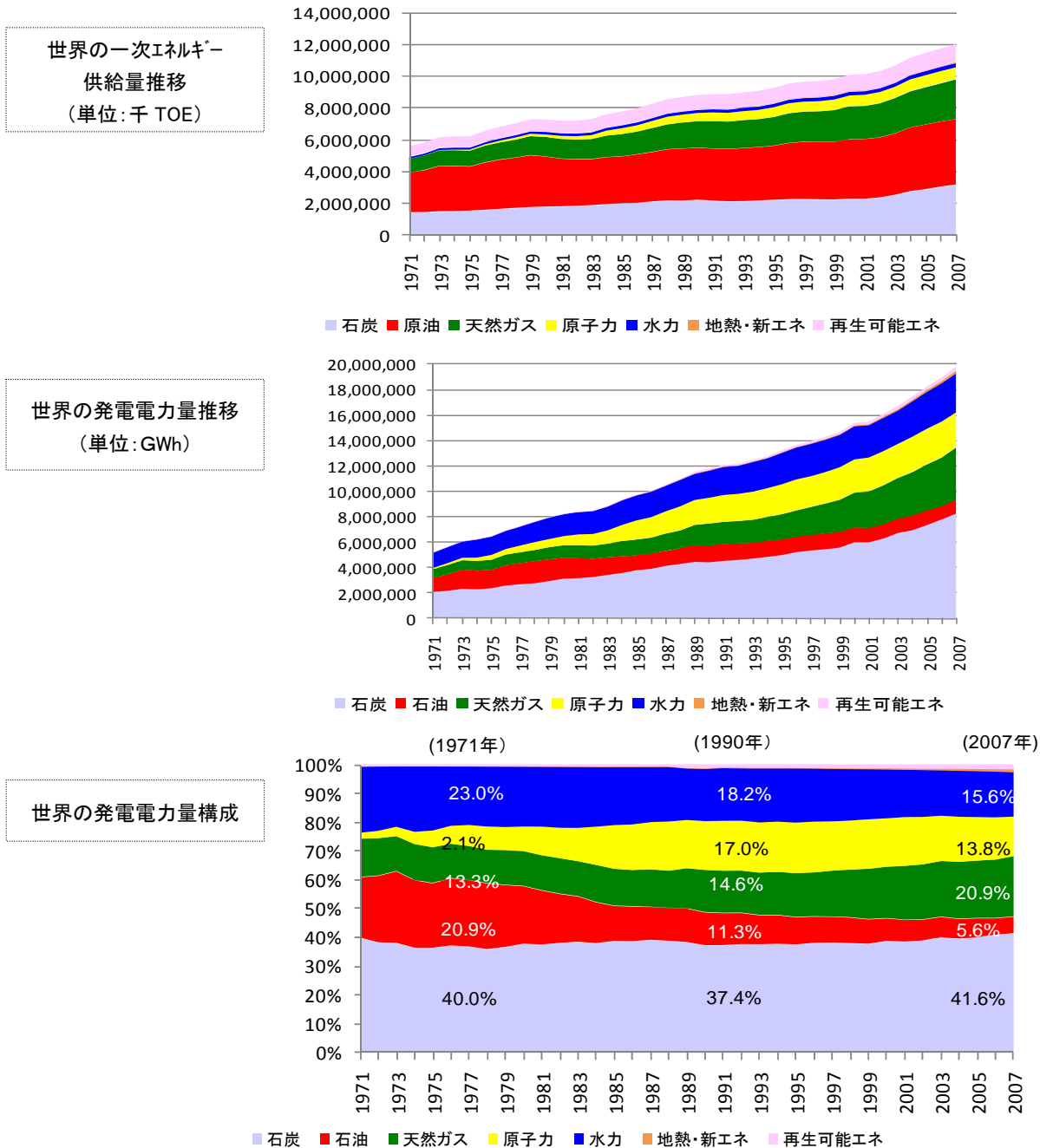
第1章 世界のエネルギー供給等の現状

I 世界のエネルギー供給構造

世界のエネルギー消費量は長期的に見て着実に増え続けている状況にある。特に中国やその他のアジア諸国、中東諸国などでは、人口増加と工業化の進展などから依然として大幅な増加が続いている。

こうした需要の増加に対し、安定供給のためのエネルギー自給率の維持・改善は各国共通の課題であり、それぞれ自国が保有するエネルギー資源に応じたエネルギー供給を行っている。

世界の発電電力量で見た場合、2007年現在の発電比率は、石炭火力が41.6%、石油火力が5.6%、天然ガス火力が20.9%、原子力が13.8%、水力が15.6%、水力を除く再生可能エネルギーが3%未満となっている。



出典:エネルギー白書 2010(経済産業省)



## II 世界のエネルギー政策の動向

### 1. エネルギー政策に必要な視点

エネルギー政策の基本として次の3つの視点(3E)が挙げられる。世界の各国は、自国のエネルギー資源の特徴を考慮しつつ、これらの実現を目指している。

- エネルギーの安定供給の確保(エネルギー安全保障の確保)・・・energy security
- 環境への適合・・・environment
- 経済効率性の実現・・・economic efficiency

#### (1) 安定供給の確保

エネルギーの安定供給は、エネルギー資源が地域に偏在するとともに量にも限りがあることから、各国の政治情勢や国際関係、消費国間の資源争奪、埋蔵量の減少、価格の高騰などに左右される。

こうしたことから、エネルギー安全保障として「国民生活、経済、社会活動、国防等に必要な『量』のエネルギーを、受容可能な『価格』で確保できる」よう取り組む必要がある。

エネルギー安全保障を強化するためには、エネルギー自給率等の改善を図ることによりエネルギー安全保障そのものを向上させるとともに、エネルギー安全保障を脅かす「リスク」を低減することを目指すことが基本となる。

#### (2) 環境への適合

経済発展やエネルギー消費の増加に伴い、温室効果ガスの排出が増加し、地球温暖化が問題となっている。その解決には、世界全体での温室効果ガスの排出削減が必要になる。

特に世界全体の温室効果ガスに占めるエネルギー利用に伴う二酸化炭素排出量の割合は約6割に達するため、地球温暖化問題の解決には、エネルギー利用に伴う二酸化炭素の排出削減が特に重要となる。

発電電力量で見た場合、石油火力の割合は減少しているものの、石炭火力は全体の約40%を占め横ばい傾向にある。加えて天然ガスによる発電電力量は増加傾向にあるなど、二酸化炭素排出削減に関する取り組みは未だ十分とは言えない。

#### (3) 経済効率性の実現

自国の国民生活や産業競争力を強化するためには、経済効率的なエネルギーの供給が重要になる。今後はエネルギー資源の制約やこれに伴う価格上昇によって、より高い経済効率性が求められる。

### 2. エネルギー政策の各国比較

次表で日本と各国のエネルギー政策を比較する。

福島原発の事故を受け、ドイツとイタリアが脱原発の動きを見せている一方、フランスや中国などは従来どおり原子力推進の立場をとっている。

いずれの国においても、エネルギー安全保障の観点から、自国のエネルギー資源を考慮した上でのエネルギー源の多様化がエネルギー政策の重要テーマとなっている。

## ＜エネルギー政策の各国比較＞

	アメリカ		フランス		ドイツ		韓国		日本	
一次エネルギー供給構造	石炭	24%	石炭	5%	石炭	26%	石炭	25%	石炭	23%
	石油	39%	石油	32%	石油	32%	石油	43%	石油	42%
	天然ガス	23%	天然ガス	15%	天然ガス	23%	天然ガス	14%	天然ガス	19%
	原子力	9%	原子力	43%	原子力	11%	原子力	17%	原子力	10%
	再エネ等	5%	再エネ等	5%	再エネ等	8%	再エネ等	1%	再エネ等	6%
	うち水力	1%	うち水力	2%	うち水力	1%	うち水力	0%	うち水力	3%
	エネ自給率	71%	エネ自給率	51%	エネ自給率	41%	エネ自給率	19%	エネ自給率	18%
発電電力量構成	石炭	49%	石炭	5%	石炭	49%	石炭	40%	石炭	25%
	石油	2%	石油	1%	石油	2%	石油	6%	石油	13%
	天然ガス	21%	天然ガス	4%	天然ガス	12%	天然ガス	19%	天然ガス	28%
	原子力	19%	原子力	78%	原子力	22%	原子力	34%	原子力	26%
	再エネ等	9%	再エネ等	12%	再エネ等	15%	再エネ等	1%	再エネ等	9%
	うち水力	6%	うち水力	10%	うち水力	3%	うち水力	1%	うち水力	8%
現状	<ul style="list-style-type: none"> <li>豊富な化石資源を保有。ただし石油は輸入依存拡大。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>国内資源に乏しく、輸入に依存。</li> <li>石油依存度低減のため原発を強力推進</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>豊富な石炭資源保有</li> <li>エネルギー安全保障の観点から石炭利用を維持。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>国内資源に乏しく、輸入に依存。</li> <li>資源国産化の観点から原発推進。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>国内資源に乏しく、輸入に依存。</li> <li>石油代替促進策により天然ガス、原子力等へエネルギー源分散。</li> </ul>	
今後の戦略	<ul style="list-style-type: none"> <li>天然ガスシフトと原子力推進が大きな方向か</li> <li>石油輸入依存度の低減、自国石油会社の国際市場における参加機会保障が政策の2本柱</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>ナショナルチャンピオン企業(EDF、アレバ等)を育成、内外での競争力を確保。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>2002年、原発の新設を禁止。</li> <li>再エネ導入拡大。</li> <li>2022年までに脱原発を目指す閣議決定。(6/6)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>再エネ大幅拡大、石炭火力利用に注力。</li> <li>国営企業を主体として天然ガスの供給を拡大。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>これまでの原子力と化石燃料という2本柱に、再エネと省エネという新たな2つの柱を加え、4本柱の育成に挑戦。</li> </ul>	

※2007年の値。再生可能エネルギー等には廃棄物発電、熱利用等を含む。

出典:エネルギー・環境会議参考資料(平成23年7月29日開催)

第2章 日本のエネルギー供給等の現状

I 国内の現状

日本の電力需要は、省エネルギーの進展や人口減少などの影響はあるものの、増加傾向にあり今後も増加すると見込まれている。

日本の過去の最大電力需要は平成13年7月24日に記録した183百万kWである。電力の安定供給のためには、最大電力需要に対応できる発電能力が必要である。

現在、国内においては、水力、火力(石炭、石油、LNG等)、原子力、地熱などによって発電を行っているところであるが、どの種類の発電所でどのぐらい発電するのかについては、燃料価格や発電方法毎の発電特性、電力需要などによって異なってくる。

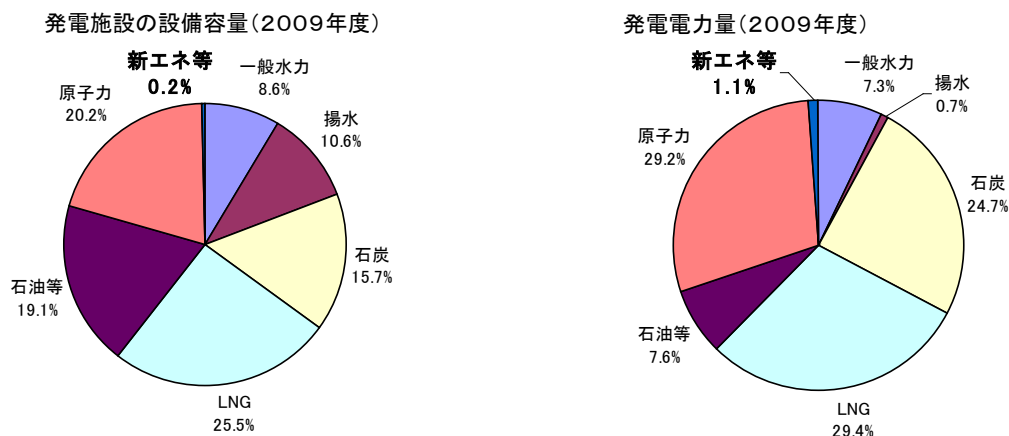
以下に国内の発電所の現状や運用についての基本的な考え方を示すこととする。

1. 発電施設等の現状

2009年度末の電力10社の合計で、設備容量の合計(最大出力の合計)は24,148万kW、発電電力量は9,551億kWhとなっている。

発電電力量に占める発電種別毎の割合としては、水力が約8%、石炭やLNG、石油などの火力発電が約62%、原子力が約29%、新エネルギー1%となっている。

国のエネルギー基本計画では、2030年に向けた目標として、ゼロ・エミッション電源(原子力及び再生可能エネルギー由来)の比率を約70%にするとしていたが、福島原発の事故を受け、エネルギー政策の見直しが行われている。



出典:エネルギー白書 2010

2. 発電特性に応じた発電所の運用

次にどういった考え方に基づいて発電が行われているのかを説明したい。

発電所の運用にあたっては、燃料コストと需要変化に対する調整能力が重要であり、なるべく発電の中心は燃料コストの安い電源が良い。しかしながら、電気は貯めておけないので、電力需要に対応するため、コスト面とは別に出力調整の容易な電源による発電も行われている。

こうした考え方に基づき、燃料コストが安く発電の中心に据えるものをベース電源、調整能力を重視し需要変化に対応するための電源をピーク電源、両方の中間にあるものをミドル電源として位置付け、運用されている。

現在の電力供給力として使われている既存電源の特性を下表に示す。

<既存電源の発電特性>

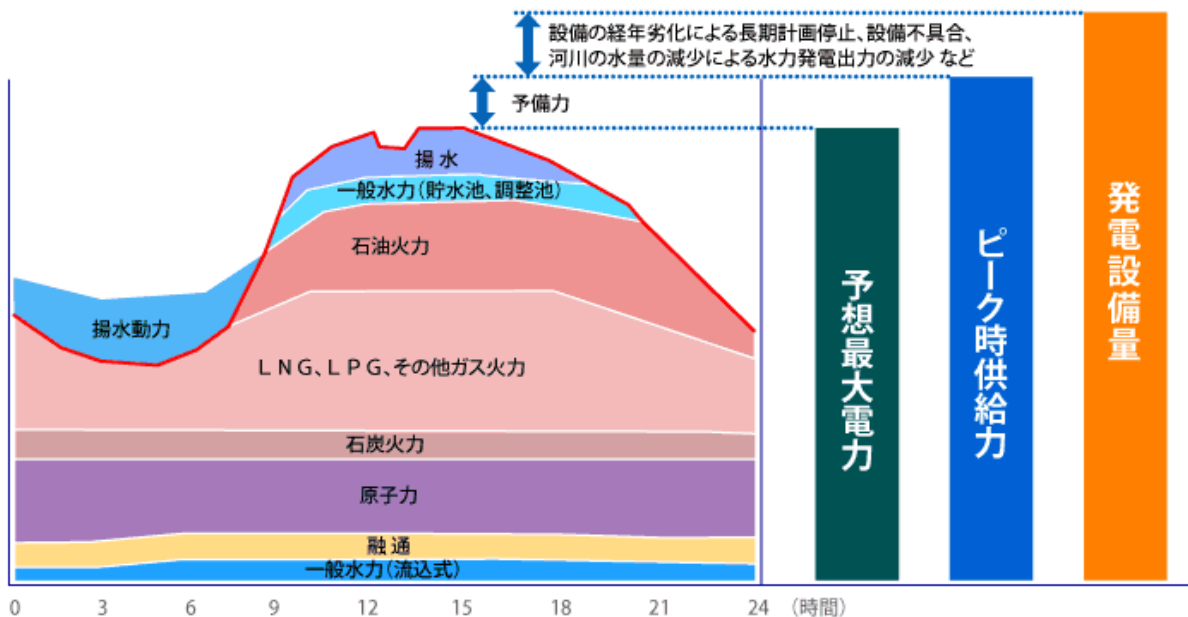
区分	発電種別	特 性
ピーク	揚水式水力	電力供給に余裕のある夜間帯に水を汲み上げ、昼間帯にその水を利用して発電。発電出力の調整が容易で、急激な電力需要の変化に対応する即応性に優れている。ピーク供給力として活用。
	調整池式・貯水池式水力	河川の流量を調整池、貯水池で調整し発電。電力需要の変化に容易に対応できる。ピーク供給力として活用。
	石油火力	燃料単価が高く、国際情勢などにより燃料価格が変動しやすい。ピーク供給力として活用。
ミドル	LNG、LPG、その他ガス火力	燃料単価は、石油火力に比べて安い、石炭と比べると割高である。電力需要の日間変化に応じた発電調整を行うミドル供給力として活用。
ベース	石炭火力	燃料単価は他の火力に比べると安い。夜間帯の軽負荷時には出力調整を行うことがあるが、主にベース供給力として活用。
	原子力	火力に比べて燃料単価が安く、燃料価格が安定している。ベース供給力として活用。
	流込式水力	河川流量をそのまま利用して発電。電力需要への変化に対応できないため、ベース供給力として活用。
	地熱	地中深くから取り出した蒸気で直接タービンを回して発電。火力に比べて単位発電量当たりのCO2排出量は約 20 分の 1。ベース供給力として活用。

出典：図表で語るエネルギーの基礎（電気事業連合会）

燃料単価が安い石炭火力や原子力などがベース電源として、燃料単価は高いが出力調整が容易な石油火力や発電のために電気を使うが出力調整が容易な揚水式水力などがピーク電源として使用されている。

参考に日単位での供給力構成のイメージ図を示す。電力需要は常に変動していること、電気は貯めておくことができないために常に電力需要に併せた発電が行われている。

<日単位での供給力構成イメージ図>



出典：電気予報の解説（東京電力HP）

### 3. 電源構成の考え方

電力需要に対し発電特性に応じた発電が行われていることを述べたが、こうした電源の開発・整備には長い時間及び多額の費用を要するため、国が長期的な方針を示す必要がある。

福島原発の事故を受けエネルギー政策の見直しが行われているところであるが、現行のエネルギー基本計画における電源構成の考え方を以下に示しておく。

要点としては、①原子力と再生可能エネルギーの積極的な導入を図る、②再生可能エネルギーの導入拡大等を見据えたエネルギー供給システムを構築する、③火力発電についても低炭素化を徹底的に進め適切な活用を図る。といった内容であり、言い換えると、原子力と再生可能エネルギーの積極的な導入を核とする電源構成の多様化を目指すことと伺える。

#### <エネルギー基本計画抜粋>

電源についても、安定供給の確保・環境への適合・経済効率性の確保と整合したベストミックスを追求していくことが重要である。

資源・環境制約を克服し、国民生活の安定や経済成長の基盤となる電力供給システムを構築することを目指して、経済効率性を考慮しつつ、可能な限りゼロ・エミッション電源(原子力及び再生可能エネルギー由来)の積極的導入を図る。また、スマートグリッドの整備や再生可能エネルギーの導入拡大を見据え、大規模電源と分散型電源とが有機的に連携し、最適なバランスを有するエネルギー供給システムを構築することが重要である。

なお、火力発電は、安定供給及び経済性の確保の観点に加え、再生可能エネルギー由来の電気の大量導入時の系統安定化対策において今後とも必要不可欠である。高効率化技術等による低炭素化を徹底的に進め、CO<sub>2</sub>の排出を極力抑制しつつ、適切な活用を図る。

第3章 国のエネルギー政策の見直しの現状

I 国のエネルギー政策見直しの概要

東日本大震災による福島原発の事故により現行の各種エネルギー政策の見直しが進められている。以下にその状況を示す。

1. 革新的エネルギー・環境戦略(エネルギー・環境会議)・・・内閣府

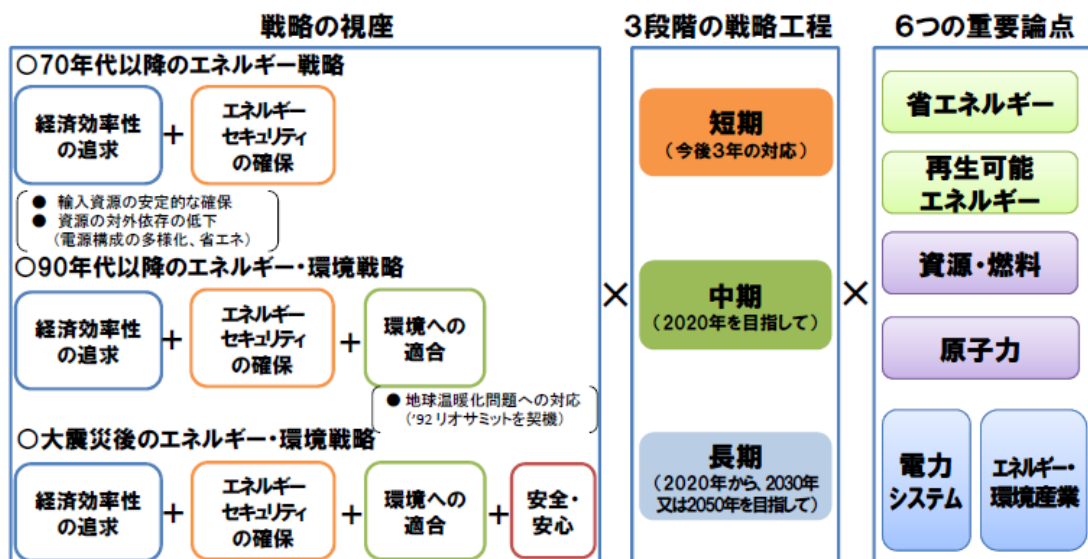
政府は、平成 23 年 5 月、政策推進指針を閣議決定し、新成長戦略実現会議において、革新的エネルギー・環境戦略を定めることを決定した。

その後、平成 23 年 6 月に開催した新成長戦略実現会議において、以下のことが確認された。

- ① 我が国は、現在、東日本大震災、福島原子力発電所の事故といったかつてない事態に直面しており、原子力発電への依存度を2030 年には5割とするとして現行のエネルギー基本計画を白紙で見直すべき状況にあること。
- ② 我が国は、今までも、水力から石炭、石炭から石油、石油から原子力へ、と大きくエネルギーのベストミックスを変化させ、世界各国も、それぞれの状況に応じたエネルギー戦略を構築しており、経済成長と国民生活の安定を図るためのエネルギーの選択は、常に、また、どの国でも重要課題であること。
- ③ 我が国は、今一度、前提であると信じてきたことも含めて白紙からエネルギー・環境戦略を見直し、新たな合意形成を急がねばならないこと。
- ④ エネルギー問題に関する集中討議を行った上で、国家戦略大臣を議長とする「エネルギー・環境会議」を設け省庁横断的に聖域なくエネルギー・環境戦略を練り直すこと

上記により設置されることとなった「エネルギー・環境会議」の第2回会議では、以下の6つの重要課題が示された。

- ① 省エネルギー：社会的な意識改革、ライフスタイルの変革とエネルギー需要構造改革への挑戦
- ② 再生可能エネルギー：技術革新と市場拡大による実用性への挑戦
- ③ 資源・燃料：効率的利用、環境性向上による戦略的利用への挑戦
- ④ 原子力：高い安全性の確保と原発への依存度低減への挑戦
- ⑤ 電力システム：需給の安定、コスト抑制、リスク管理への持続的挑戦
- ⑥ エネルギー・環境産業：強靱な産業構造の実現と雇用創出への挑戦



## 2. エネルギー基本計画の改定・・・資源エネルギー庁

エネルギー基本計画は、平成 14 年 6 月に制定されたエネルギー政策基本法に基づき政府が策定するもので、「安定供給の確保」、「環境への適合」、「市場原理の活用」というエネルギー政策の基本方針に則り、エネルギー政策の基本的な方向性を示すものである。平成 15 年 10 月の策定後、平成 19 年 3 月に第一次改定が行われ、その後、ここ数年の資源・エネルギーを取り巻く大きな環境変化を踏まえ、平成 22 年 6 月に第二次改定が行われたところである。

本来であれば、3 年に 1 度の見直しとなっているが、東日本大震災の影響により早急なエネルギー政策の見直しが必要となったことから経済産業省の審議会である総合資源エネルギー調査会に基本問題委員会が設置されエネルギー基本計画の改定について議論されることとなった。

### ① 現計画の基本的視点

- 総合的なエネルギー安全保障の強化
- 地球温暖化対策の強化
- エネルギーを基軸とした経済成長の実現
- 安全の確保
- 市場機能の活用等による効率性の確保
- エネルギー産業構造の改革
- 国民との相互理解

### ② 現計画の 2030 年目標

- エネルギー自給率及び化石燃料の自主開発比率を倍増、自主エネルギー比率を現状の約 38%から約 70%まで向上
- ゼロ・エミッション電源比率を現状の34%から約 70%に引き上げ
- 「暮らし」(家庭部門)のCO<sub>2</sub>を半減
- 産業部門での世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化
- 我が国企業群のエネルギー関連製品等が国際市場でトップシェアを維持・獲得

## 3. 原子力政策大綱・・・原子力委員会

原子力委員会は、新たな原子力政策大綱の策定を目指して平成 22 年 11 月に「新大綱策定会議」を設置した。その後、福島原発の事故により、その審議が一時中断されていたが、事故収束に向けた取組等を踏まえ、平成 23 年 8 月に審議が再開された。

本委員会の中に原子力発電・核燃料サイクルの総合評価に資するデータの整理を目的とした「原子力発電・核燃料サイクル技術等検討小委員会」が設置され、平成 23 年 11 月に核燃料サイクルコスト、及び事故リスクコストの推定値が以下のとおり示された。

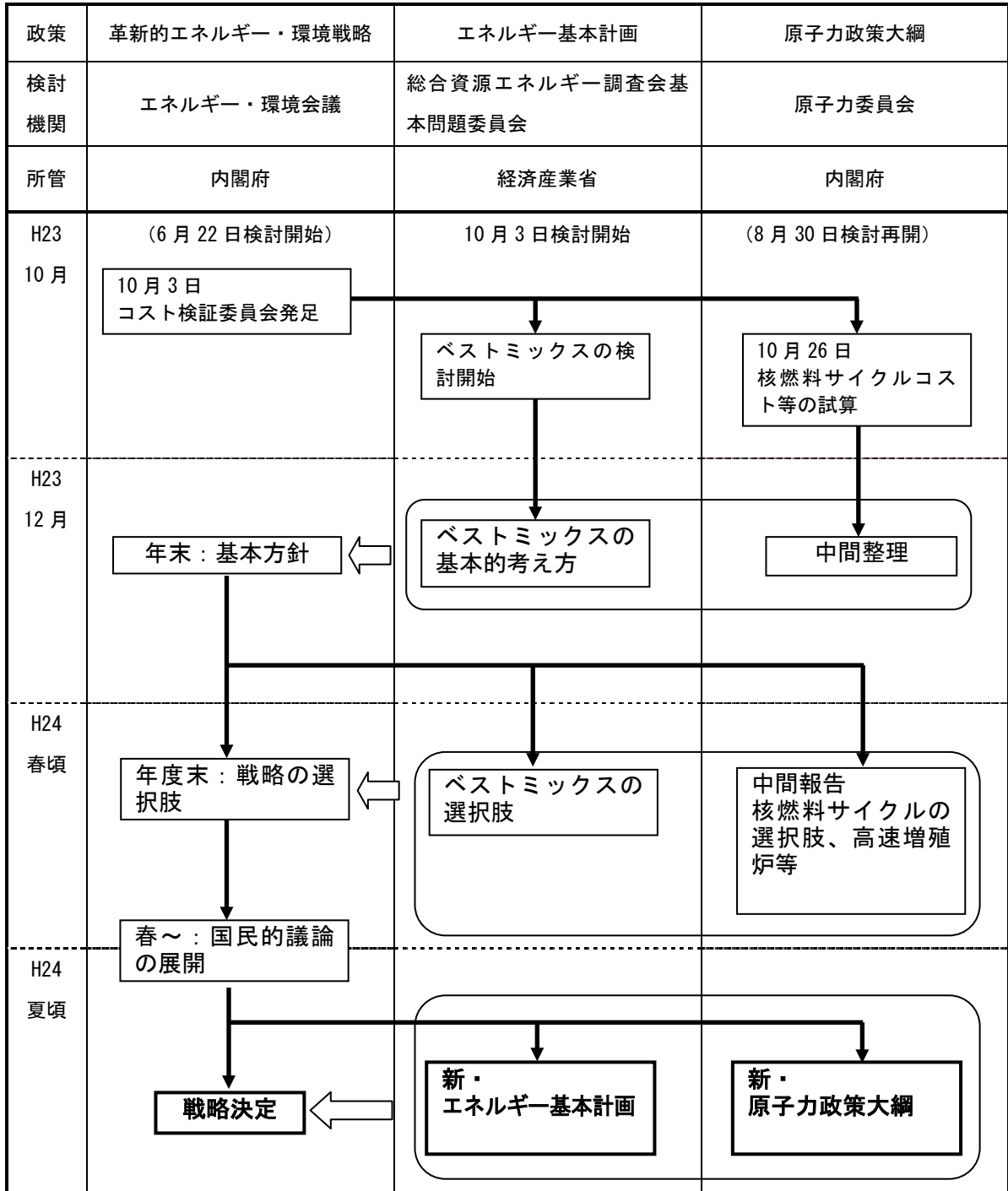
### ① 核燃料サイクルコスト

- ・核燃料リサイクルを行う再処理モデル・・・約 2 円/kWh
- ・核燃料リサイクルを行わない直接処分モデル・・・約 1 円/kWh

### ② 事故リスクコスト

- ・稼働率が 80～60%の前提・・・約 0.006～1.6 円/kWh

4. 各エネルギー政策見直しの関連とスケジュール





<再生可能エネルギー電気の固定価格買取制度の導入について>

エネルギー政策の見直しが行われている中、再生可能エネルギーの大量導入を推進するための施策として、平成23年8月26日、第177回通常国会において、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」が成立した。

これは、再生可能エネルギー源（太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス）を用いて発電された電気を、一定期間、一定の価格で電気事業者が買い取ることを義務付けるもので、平成24年7月1日からスタートすることとなっている。

1. 制度の概要

(1) 買取対象

太陽光、風力（小型風力含む）、水力（3万kW未満）、地熱、バイオマスを用いて発電された電気  
 ※バイオマスについては、紙パルプ等他の既存産業に影響がないものを対象とする。

※発電設備について、適正に再生可能エネルギー源を用いて発電を行う設備であること等の点を経済産業大臣が認定。

(2) 買取期間

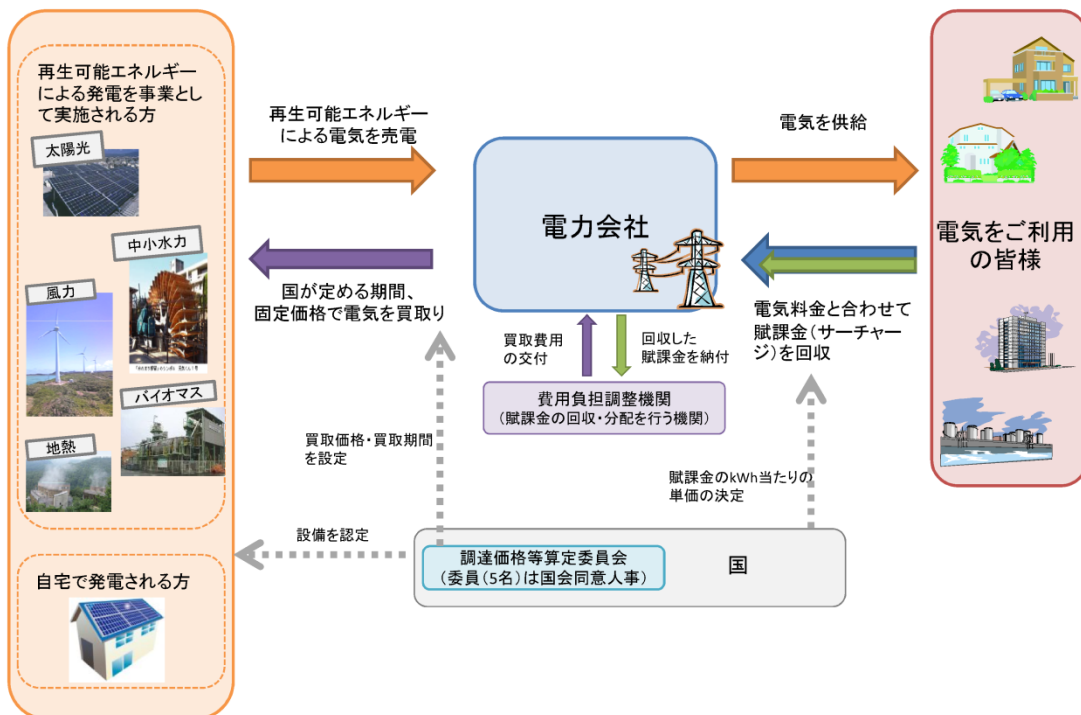
再生可能エネルギーの発電設備が設置されてから設備の更新が必要になるまでの標準的な期間

(3) 買取価格

再生可能エネルギーの発電設備を設置し電気を供給する場合に通常必要となる発電コスト

(4) 買取費用の負担方法

- 買取に要した費用に充てるため各電気事業者がそれぞれの需要家に対し、使用電力量に比例したサーチャージの支払を請求することを認める。
- 地域間でサーチャージ単価が同額となるよう、サーチャージ単価は国が定めるとともに、各電気事業者の買取費用の負担の不均衡を解消するため、国が指定する費用負担調整機関を通じて調整を実施する。



## 第4章 各種電源の概要

### I 各種電源の分類

電源には、既に供給力として活用されている火力、水力、原子力、地熱といった既存電源と新たな供給力として期待されている太陽光や風力などの再生可能エネルギーがある。

まず、この電源の種類について分類したい。

#### 1. 既存電源

既に一定の技術が確立し経済的に成り立つものが既存電源として活用されている。種類としては、化石由来の石油、石炭、天然ガスなどを燃料とする火力発電、非化石資源を燃料とする原子力発電、そして再生可能エネルギーで実用化されている大規模水力、地熱発電がある。

#### 2. その他の電源

新たな供給力として期待されているものとして「再生可能エネルギー」がある。再生可能エネルギーは、自然環境で起こっている現象から取り出せるものであり、一度取り出しても再利用可能で枯渇することのない基本的な純国産のエネルギー資源である。種類としては、太陽光発電や風力発電、水力発電、バイオマス発電などがあり、この他にも波力発電や海洋温度差熱発電、熱発電、圧発電などの研究段階のものもある。

また、再生可能エネルギーのうち熱発電などを除いた、自然現象に起因するエネルギーを「自然エネルギー」と総称することがある。

なお、平成9年に施行された「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」では、「技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面での制約から普及が十分でないもので、石油代替エネルギーの導入を図るために特に必要なもの」として「新エネルギー」を規定している。

この新エネルギーとして規定されているものは、太陽光発電や風力発電、水力発電(1,000kW以下)、地熱(バイナリー方式)、バイオマス熱利用やバイオマス発電といったバイオマスエネルギーがある。

分 類			電源種別	
実用 段階	経済性 あり	化石燃料	火力発電(石油、石炭、天然ガス)	
		非化石燃料	原子力発電	
	経済性 に制約	再生可 能エネ ルギー	自然エネルギー	地熱発電、大規模水力
			新エネルギー	太陽光発電、風力発電、小水力発電
実用化 前段階			自然エネルギー	波力発電、海洋温度差熱発電、太陽熱発電など
				熱発電、圧発電など

## II 電源毎の概要

続いて電源毎の発電方法や発電特性などの概要を示す。

### 1. 火力発電

火力発電は、燃料を燃やして、その熱で蒸気を発生させ、蒸気タービンを回して発電する汽力発電が多く採用されている。また、燃料の燃焼によって内燃機関で発電する内燃力発電や燃焼ガスを利用してタービンを回すガスタービン発電、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて発電するコンバインドサイクル発電などがある。燃料は、化石由来の石油、石炭、天然ガスなどがある。

電源構成における火力発電については、石炭火力がベース電源として、石油火力がピーク電源として、液化天然ガス(LNG)がミドル電源として位置付けられている。

これに加えて石油、LNG火力については、供給予備力としての役割を担っている。これは、ベース電源の一部が故障等により脱落した場合に、ピークやミドル電源である石油・LNG火力をベース電源として常時運転させるものであり、福島原発の事故以降、国内ではこの代替運用が行われている。

#### (1) 発電の仕組み

火力発電は、燃料の違いはあるものの、大きく分けて5つの発電方法がある。

種 類	概 要
汽力発電	ボイラーなどで燃料を燃焼し水を熱して蒸気を発生させ、蒸気タービンを回して発電する方式。汽力発電は火力発電の中で最も歴史がある発電方式で、現在でも火力発電施設の大半がこの方式を採用している。三隅発電所もこの方式を採用している。
内燃力発電	ガソリンエンジン、ディーゼルエンジンなどの内燃機関で発電する方式。システム全体が汽力発電に比べるとコンパクトなので、離島などの小規模発電など幅広い用途で利用されている。
ガスタービン発電	汽力発電と同じくタービンを利用しているが、ボイラーで発生させた蒸気ではなく、燃料を燃焼することにより発生したガスのエネルギーによってガスタービンを回す方式。
コンバインドサイクル発電(複合発電)	ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて、熱エネルギーを効率よく利用する発電方式。小容量の単機を複数組み合わせることで一つの大容量設備を構成するため、起動・停止が短時間で容易にでき需要の変化に対応した運転が可能である。発電効率が良いので環境面からも注目され、積極的に取り組まれている。
コージェネレーション	コージェネレーション(co-generation)とは、熱と蒸気の両方を発生させるという意味で、発電と熱供給の二つの発生(combined generation)を同時に行うことから生まれた言葉である。 発電装置の運転で生じる排気ガスは、ディーゼルでおよそ 400℃、ガスタービンで 600℃と、かなり高温であり、これを蒸気や温水の形で回収し全体としての熱効率を更に上げようというのが、コージェネレーションの考え方である。

#### (2) 導入状況

国内の導入状況は、2009 年度末の電力 13 社の合計で下表のとおり。

(単位: 万 kW)

区 分	石油	石炭	LNG	内燃力・ ガスタービン	合 計
出力(発電所数)	3,961	2,186	5,890	140	12,235(159)

### (3)課題等

日本はエネルギー資源に乏しく、それらのほとんどを海外から輸入しており、為替レートの変動や国際情勢の変化によって、価格高騰や供給途絶のリスクを有している。

また、発電過程におけるCO<sub>2</sub>排出が大きな問題となっており、高効率化やCO<sub>2</sub>回収技術の確立などによる低炭素化への対応が求められている。

### (4)今後の動向

エネルギー資源の制約や低炭素化に向けた取り組みとして、火力発電の高効率化やCO<sub>2</sub>回収技術の確立に向けた取り組みが行われている。

また、再生可能エネルギーのうち、太陽光や風力発電は天候による出力変動が大きいいため、これらを電力供給力として使用する場合には、需給バランスを保つための調整力が必要になる。火力発電は出力調整が容易にできることから、再生可能エネルギー導入時のバックアップ電源・調整電源としての役割が期待されている。

#### <高効率化等に向けた取組>

<p>ア. 石炭ガス化複合発電(IGCC)</p> <p>石炭を効率良く利用するためガス化炉でガス化し複合発電の燃料に用いる方式。石炭をガス化した燃料(主にCO、H<sub>2</sub>)の燃焼エネルギーでガスタービンを駆動し、さらに排熱で得た蒸気で蒸気タービンを駆動させ発電する。蒸気タービンとガスタービンを組み合わせ、連続的多段階な(カスケード)エネルギー利用により高効率発電を実現している。我が国では250MW規模の空気吹きガス化炉の実証機が2008年から運転開始されており、海外では既に酸素吹きガス化炉の商用プラントが稼働している。</p>
<p>イ. トリプル複合発電</p> <p>ガスタービンと排熱回収ボイラー及び蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル発電の上流に固体酸化燃料電池(SOFC)をおいたトリプル複合発電の開発が行われている。SOFCからの排熱は1000℃レベルの高温を維持し、これをコンバインドサイクルのガスタービンに用いることによって発電効率を高めることができる。</p> <p>そのうち、石炭を燃料とする場合を石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)と呼び、我が国では、平成14年から150t/日の酸素吹き二段式噴流層ガス化パイロットプラントの試験運転を実施している。</p>
<p>ウ. 先進超々臨界圧発電(A-USC)</p> <p>A-USCは、従来の微粉炭火力による発電方式の延長線上の技術で、蒸気温度を高め石炭を高効率に利用する有効な火力発電の方式である。既存火力と比べ10%近くの効率向上が期待されている。</p>
<p>エ. 二酸化炭素の回収(CCS)</p> <p>CCSとは炭素の回収(Carbon Capture)と貯留(Storage)のことで、石炭火力発電所などで化石燃料を燃焼することで多量に発生した二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を排ガスから分離して地中もしくは海底に貯留・隔離する技術のこと。</p> <p>CO<sub>2</sub>を回収する方式として、燃焼後回収法、酸素燃焼法、燃焼前回収法などの方式がある。このうち、燃焼前回収法は石炭ガス化複合発電(IGCC)に適用される方法で、石炭ガス化ガス(主にCOとH<sub>2</sub>)に水蒸気を混ぜ、H<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>にしてCO<sub>2</sub>を分離回収する方法である。</p>

## 2. 原子力発電

一般的な原子力発電は、原子炉内において核分裂で発生する熱を使って蒸気を作り、その蒸気でタービンを回して発電している。蒸気によってタービンを回して発電する方式は火力発電と同様な汽力発電であるが、原子力発電においては、核分裂で発生する放射線や放射性物質を閉じ込める施設が必要になる。

従来はベース電源として位置付けられ、日本の電力の約3割を賄っており、エネルギー基本計画では、ゼロ・エミッション電源として2030年に向けて約5割まで引き上げるとされていた。

しかしながら、福島原発の事故を受け、原発を含めたエネルギー政策の見直し及び原発の安全性に対する再評価が行われており、原発の位置付けについては白紙からの議論がなされている。

### (1) 発電の仕組み

原子力発電は、原子炉内において核分裂を発生させ、その際に発生する熱を使って蒸気を発生させ、蒸気タービンを回して発電する仕組みである。

国内では、商業用原子炉には、沸騰水型原子炉(BWR:Boiling Water Reactor)と加圧水型原子炉(PWR:Pressurized Water Reactor)の2種類があり、これらをまとめて軽水炉と呼ぶ。

BWRとPWRの基本的な構成は同じであるが、BWRは原子炉の中で直接蒸気を発生させるのに対し、PWRは蒸気発生器を使って間接的に蒸気を発生させる点で異なる。

燃料には、ペレットと呼ばれるウラン235が数%程度含まれるウランを酸化物にして焼き固めたものが使用されている。

### (2) 導入状況

国の導入状況は、2010年3月末時点で、54基4,884.7万kWである。また、建設中のものが3基、準備中のものが11基ある。

### (3) 課題等

原子力政策そのものについて、現在、議論がなされているところであり、福島原発事故の検証を行った上での安全性の再評価と地元の同意や国民の理解を得られるかどうか、こうしたことを踏まえての政策決定が必要な状況にある。

また、原子力発電によって発生する放射性廃棄物の処理・処分について、具体的な方法や処分場所が決まっていないため、早急な取り組みが必要になっている。

## 3. 水力発電

水力発電は、落差等によって発生するエネルギーで発電機を回し発電する方式である。日本の水力発電は、戦後の復興期から高度成長期にかけて主力電源として大規模地点を中心に開発が進められてきた。

河川流量をそのまま利用して発電する流込式水力はベース電源として、それ以外の水力発電はピーク電源として運用されている。特に夜間の余剰電力を利用して水を汲み上げ、電力需要の多いときにその水を流して発電する揚水発電は、需要変動に対する即応性が高く、調整電源として重要な役割を担っている。

### (1) 発電の仕組み

水力発電は、河川の流れやダムの落差等を利用し、水が高いところから低いところへ流れ落ちる際のエネルギーにより発電機を回転させ、電気をおこす方法である。

水力発電の方式は、水の運用面から見たものとして、「流れ込み式」、「調整池式」、「貯水池式」、「揚水式」の4方式があり、揚水式以外を特に「一般水力」と呼んでいる。また、施設構造面からみた発電方式としては、「水路式」、「ダム式」、「ダム水路式」に大別される。このほか、近年、低落差でありながら流速のエネルギーを利用した流水利用型の小水力発電機が開発されてきている。

施設構造から見た分類	概要	運用面から見た分類	概要
水路式	川の上流で水を取水し、落差が得られる地点まで導水し、そこで発電する方式	流れ込み式	水を貯めることなくそのまま発電。ベース電源となる。

施設構造から見た分類	概要	運用面から見た分類	概要
ダム式	ダムに水を貯めて落差を利用して発電する方式	調整池式	夜間や週末の電力需要の少ない時に貯水し、電力需要の多い時間帯に発電。ピーク電源(短期調整力)
		貯水池式	水量が豊富で電力需要が少ない季節に貯水し、電力需要の多い季節に発電。ピーク電源(季節調整力)
ダム水路式	ダムに貯めた水を大きな落差が得られる地点まで導水し発電する方式	調整池式	前述のとおり
		貯水池式	前述のとおり
		揚水式	電力需要の多い時間帯に上池に貯められた水を使って発電し、下池に貯まった水は電力需要の少ない時間帯に電気を使って上池へ汲み上げる。

### (2) 導入状況

国内の導入状況は、2009年度末の電力10社の合計で下表のとおり。

(単位: 万 kW)

発電所数	出力
1,163	3,490

### (3) 課題等

大規模水力発電にはダム建設を必要とし、大規模な開発を要することから環境への影響が懸念されている。また、完成までには長い期間を要し、多額のコストも必要とする。

### (4) 今後の動向

大規模な水力発電所は既に開発可能地点の90%以上が完了し、それ以外の地点では、奥地化による建設コストの増大や大規模ダム建設による環境への影響も懸念されることから、近年の開発の中心は大規模なものから小水力(特に、1,000kW以下)にシフトしてきている。

#### 4. 太陽光発電

地球の表面に到達する太陽光エネルギーは 90,000TW\*と言われ、そのうち回収可能なエネルギーは 1,000TWと試算されている。2007 年時点での世界の発電設備容量 4.5TWの約 220 倍にも相当する大きなエネルギー源である。

また、太陽光は無尽蔵で、枯渇の心配がいらぬエネルギーであり、発電の際には CO2 を排出しないことから、世界的に急速に導入が進んでいる。

※ 1TW=1,000GW=1,000,000MW

##### (1) 発電の仕組み

太陽光発電は、太陽電池を用いて、太陽の光エネルギーを直接、電気に変換する発電方式であり、太陽電池は次のような種類のもので開発されている。

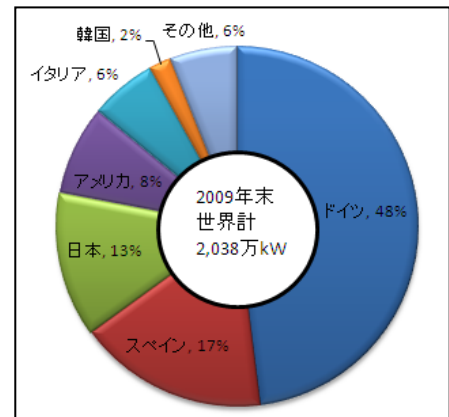
種類		特徴	変換効率	実用化状況	主な国内メーカー	
シリコン系	結晶系	単結晶	・200 μm 程度の薄い単結晶シリコンの基板を用いる ・特長:性能・信頼性 ・課題:低コスト化	~20%	実用化	シャープ パナソニック (HIT タイプ)
		多結晶	・小さい結晶が集まった多結晶の基板を使用 ・特長:単結晶より安価 ・課題:単結晶より効率が低い	~15%	実用化	シャープ 京セラ 三菱電機
	薄膜系	・アモルファス(非晶質)シリコンや微結晶シリコン薄膜を基板上に形成 ・特長:大面積で量産可能 ・課題:効率が低い	~9% (アモルファス)	実用化	シャープ 三菱重工業 カネカ 富士電機	
化合物系	CIS系	・銅・インジウム・セレン等を原料とする薄膜型 ・特長:省資源・量産可能・高性能の可能性 ・課題:インジウムの資源量	~12%	実用化	ソーラーフロンティア ホンダソルテック	
	CdTe系	・カドミウム・テルルを原料とする薄膜型 ・特長:省資源・量産可能・低コスト ・課題:カドミウムの毒性	~11%	実用化	国内なし First Solar(米)	
	集光型	・Ⅲ族元素とⅤ族元素からなる化合物に多接合化・集光技術を適用 ・特長:超高性能 ・課題:低コスト化	集光時 ~42%	研究段階	シャープ 大同特殊鋼	
有機系	色素増感	・酸化チタンに吸着した色素が光を吸収し発電する新しいタイプ ・特長:低コスト化の可能性 ・課題:高効率化・耐久性	~11%	研究段階	アイシン精機 シャープ フジクラ ソニー	
	有機薄膜	・有機半導体を用いて、塗布だけで作製可能 ・特長:低コスト化の可能性 ・課題:高効率化・耐久性	~8%	研究段階	新日本石油 パナソニック電工 住友化学 三菱化学	

## (2) 導入状況

国内の導入状況は、2009 年末時点で 262.7 万 kW である。

余剰電力の買取制度及び住宅用太陽光の導入補助金により、近年、急速に太陽光発電の導入が進んでいる。

なお、日本における導入量は、ドイツ、スペインに次ぎ世界第 3 位である。



## (3) 課題等

- ① 太陽光発電は、発電コストが 30.1～45.8 円/kWh との試算があり、風力発電 9.9～17.3 円/kWh や小水力 19.1～22.0 円/kWh などの他の再生可能エネルギーと比較して、かなり高いものとなっている。

こうしたことから、導入拡大にあたっては、発電コストの低減及び変換効率の向上による経済効率性の確保が重要になってくる。

- ② 太陽光は、エネルギー密度が低く、電気エネルギーに変換するエネルギー変換効率も 15%程度であり、大規模な発電を行うには広大な土地が必要となる。また、工場立地法により大規模太陽光発電所(メガソーラー)は、生産施設(工場)として扱われるため、発電施設の設置は敷地面積の 50%以下に制限されるなどの規制があり、事業参入にあたっては必要となる用地の確保が課題となる。
- ③ また、太陽光発電を大量導入した場合、電力需要の少ない時期に余剰電力が発生する恐れがあることや、天候による出力変動によって周波数調整に支障をきたす恐れがあるなどの課題が挙げられており、こうしたことへの対策が必要になってくる。
- ④ 高い技術力を背景に日本の存在感は大きいですが、欧米や中国等の猛追を受け、太陽電池の生産量はシェアを落としており、今後の取組強化が必要になっている。

## (4) 今後の動向

- ① 日本における太陽光発電は、余剰買取制度や導入補助金により、各家庭において導入が進み、今後も設置コストが下がっていく中で増加していく見通しである。
- ② 「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」(FIT法)が成立し、メガソーラー発電事業への参入を模索する新たな企業が現れている。また、メガソーラーには広大な土地が必要なことから、用地確保を円滑に進めるなどを目的として自治体と協調する動きが活発化している。
- ③ 従来からの法律により電力会社は、一定割合以上の新エネルギー等から発電される電気の利用を義務付けられていることから、2020 年までに電力会社 10 社で 14 万 kW のメガソーラーの導入を計画している。



<太陽光発電による発電電力量の各県比較>

新エネルギー財団の「都道府県別kW 当たり年間発生電力量」※によれば、本県の 1kW 当たりの年間平均発生電力量(1995～2005 年平均)は下表となり、全国一である高知県の 8 割程度であり、全国で最低の水準である。このことは、買取価格が全国一律 40 円/kWh と決定した場合、高知県では 45 円相当となり、本県では 36 円程度にしかならないことを示すものである。(住宅用太陽光発電の集計)

県名	kW 当たり年平均発電量 (kWh/kW)	全国平均を 1.0 とした場合	備考
全国平均	990	1.0	
島根県	892	0.90	高知県の 8 割程度
高知県	1,115	1.12	全国トップ
岡山県	1017	1.03	中国地方トップ
鳥取県	863	0.87	

【参 考】

島根県の平成 22 年度時点の耕作放棄地 6,071ha で太陽光発電を実施した場合の発電電力量を計算してみた。

- モジュール敷設可能割合・・・工場立地法により 50%とする。
- 変換効率・・・多結晶シリコンの標準的な 10%とする。
- 設備利用率・・・一般的に用いられる 12%とする。

(計 算)

1m<sup>2</sup> に降り注ぐ光エネルギーを 1 kW とすると 1 年間の発電電力量は・・・  
 6,071ha×10,000m<sup>2</sup>×50%×10%×12%×24h×365 日=31 億 9 千万 kWh  
 となり、島根県の電力需要の約 60%程度となる。

<導入事例の調査(大規模太陽光発電)>

○みやざきソーラーフロンティア構想

宮崎県では、太陽光発電の拠点を目指してメガソーラーの立地を進めている。公募で協働事業者を募集し、メガソーラー事業に取り組んでいる。

○事例「宮崎ソーラーウェイ (株)」

- ・発電開始：平成 23 年 2 月 ・設置場所：宮崎県都農町
- ・発電規模：1,050kW (約 1 メガワット)
- ・使用パネル：ソーラーフロンティア製 (C I S) 約 13,000 枚
- ・特徴：リニアモーターカーの実験線として使用されていた高架を借り受けてパネルを設置し、発電した電気は、一般電力会社ではなく P P S 業者に売電している。



## 5. 風力発電

風力発電は、風のエネルギーを風車により機械的な回転エネルギーに変え、このエネルギーで発電機を動かして発電している。

風車1機あたりの発電出力が大きいことから、風力発電の導入は再生可能エネルギーの大量導入における主力になることが予想される。

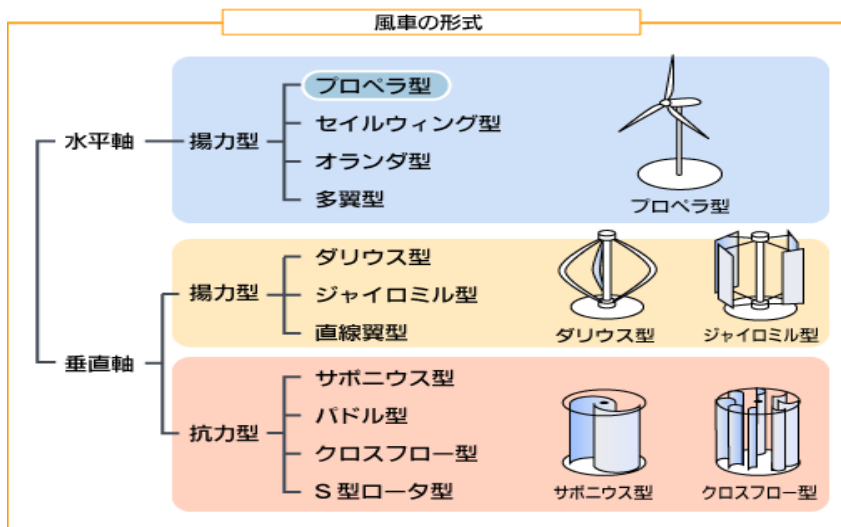
### (1) 発電の仕組み

風力発電は、風の運動エネルギーを風車(風力タービン)により機械的な回転エネルギーに変え、その回転を直接、又は増速機を経た後に発電機へ伝送し、電気エネルギーに変換する発電システムである。

風力発電では、風のエネルギー密度が小さく、加えて風向や風速が絶えず変動するため、いかに効率的に安定した発電出力を得るかが重要になる。このため風力発電システムには、常に羽の回転面を風の方向に向けるためのヨー駆動装置(風車を旋回させる装置)や出力を制御するブレーキ装置の機能等が備わっており、より多くの安定した出力が得られるよう工夫がされている。

一般に、風は地上から上空に向かうほど強くなるため、風車の高さはできるだけ高くした方が取得エネルギーは増大し、発電量は増加する。また風車の取得エネルギーは風車の羽根(ブレード)の回転面の受風面積に比例するため、ブレードを長く(風車ロータ直径を大きく)することでも取得エネルギーは増大する。

<風力発電の種類>

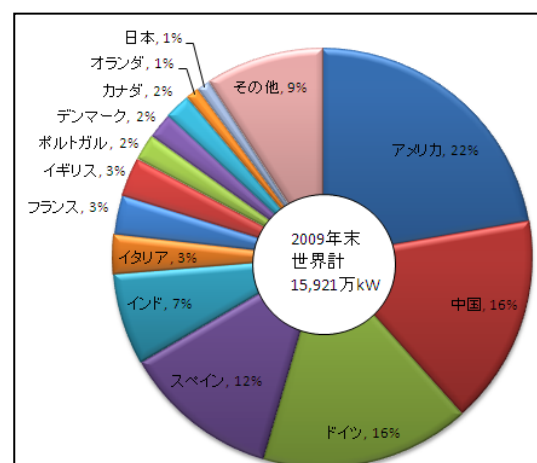


### (2) 導入状況

国内の導入状況は、2009年末時点で205.6万kWである。

技術革新や大規模化による設置コストの低減に加え、導入補助制度などの効果もあり、風況の良い北海道、東北地方を中心に民間企業や自治体による導入が進んでいる。

なお、世界第1位のシェアはアメリカの22%、日本は第13位の1%となっている。



(3)課題等

- ① 昨今、風力発電を立地する際には、隣接する地域の住民から風車音に対する苦情、バードストライクによる被害、あるいは、洋上風力発電による海洋生物への影響の懸念などが指摘されている。  
これらに対して、低風車音風力発電システムの開発、風車音シミュレーションモデルの開発、鳥類・海洋生物モニタリング技術、環境低負荷施工技術の確立などの技術的対策を強化していく必要がある。
- ② 風は一様ではなく常に変動しており、風力発電の出力も安定していないのが普通である。変動が大きい風力発電による発電電力を安定した電力として系統へ供給する上で、出力平滑化技術、蓄電池システムの高度化、風況により精細な把握による高精度な発電量予測技術、大規模施設の集中制御システムの確立が重要となる。

(4)今後の動向

- ① 風力発電のエネルギー変換効率は、40%を越えて太陽光発電よりはるかに高いが、エネルギー密度は風速 8m/sの場合で約0.3kW/m<sup>2</sup>と低い。出力は風車の直径に比例するので、単機出力を増大させるためには風車の外形を大型化する必要がある。
- ② 陸上における適地が減少していること、陸上と比較して洋上は風況が安定していることから、洋上風力発電システムが注目されており、欧州を中心に大規模な洋上風力発電プラントに建設が始まっている。

<導入事例の調査(洋上風力発電)>

◎ウインド・パワーかみす洋上風力発電所 『国内初の外海洋上風力発電所』

(株式会社小松崎都市開発が行っている新エネルギー事業)

ウインド・パワーかみすは、ウインド・パワーいばらきにより、茨城県神栖市に設置された国内で初めて外海に設置された本格的な洋上風力発電所である。2010年7月より本格稼働を開始している。地元茨城の企業である日立製作所と富士重工がタッグを組み設計・建設され、南浜洋上に7基が設置されている。

この地域は、雷の発生が非常に少ない(運用開始から1年経過しても落雷実績はない)、元々茨城県の港湾区域に指定されており漁業禁止となっていた等、洋上風力の問題点をクリアしており発電所立地に適している。

洋上風力発電所の特徴として、①内陸に比べて建物や地形の影響が少ないためより安定した発電が可能である。②波の音もあり周辺への風車音・振動の影響も軽減される。③日本は島国であり技術開発次第で今後の建設フィールドが大きく広がる等が挙げられる。

ウインド・パワーかみすの概要

設置場所	茨城県神栖市南浜海上
機種	富士重工製の SUBARU 80/2.0
発電出力	14,000kW (定格出力 2000kW×7 基)
タワー	高さ:60m、直径:4.2m 鋼製モノパイル、総重量 170t
ブレード	翼長:40.0m、総重量:約 21t(3枚)
基礎	海面から 25m、海底から 15m まで設置
試運転開始	2010年3月
本格稼働開始	2010年7月
運営会社	株式会社ウインド・パワーいばらき

## 6. 小水力発電

一般的に小水力は、水の力を利用して発電する水力発電の中でも、水を貯めることなくそのまま利用する方式で、小規模のものである。

大規模な水力発電所の建設は、環境面に与える影響が大きく候補地点も限られているため、近年の開発の中心は大規模から小水力(特に 1,000kW 以下)にシフトしてきている。

小水力は、河川環境に過大な負荷を与えず、安定した流量が確保できる場所であればどこにでも設置できることから、農業用水や水道用管水路などに設置する事例もある。

### (1) 発電の仕組み

河川の流れやダムの落差等を利用し、水が高いところから低いところへ流れ落ちる際のエネルギーにより発電機を回転させ、電気をおこす方法である。

小水力発電の正式な定義はないが、「マイクロ水力発電導入ガイドブック」(NEDO)において、水力発電の規模別に下表のような分類が示されている。

また、小水力は一般的に水を貯めない流れ込み式のものであり、調整池式や貯水池式などは含まない。

<水力発電の規模による分類>

分類	規模
大水力	100,000kW 程度以上
中水力	10,000～100,000kW 程度
小水力	1,000～10,000kW 程度
ミニ水力	100～1,000kW 程度
マイクロ水力	100kW 程度以下

### (2) 導入状況

国内の 10,000kW 未満の導入状況は、1,344 地点で出力 352 万 kW である。なお、この数値には調整池式と貯水池式が含まれている。

小水力は渓流水や農業用水、上下水道、工業用水などで安定した流量が得られれば、多様な地点での設置が可能である。

### (3) 課題等

- ① 施設設置に際し、必要となる河川法や土地改良法、砂防法、電気事業法などに係る諸手続が複雑であり、時間を要することから、導入の阻害要因と言われている。
- ② 小水力発電の 1 箇所あたりの発電出力や発電量は小規模であるため、投資の回収期間の長期化など、経済性の確保が困難な傾向にあり、低コストで簡易な発電システム等の開発が必要。
- ③ 流水利用型の小水力発電において、流れてくる草やゴミの処理の方法が課題。効率よく取り除くには除塵機が必要だが、導入には高額なコストがかかる。

### (4) 今後の動向

- ① 既に大規模水力発電に適した地点の開発はほぼ完了しており、今後は、上下水道や工業用水、

農業用水路など、既存施設を活用した中小規模の水力発電が中心となる。特に、農業用水路は基幹的な水路延長だけで4万5千kmにも達し、未利用落差が数多くあるため、技術開発による一層の低コスト化や規制緩和による導入促進が期待される。

- ② 固定価格買取制度の導入により投資回収期間の短縮が期待される。
- ③ 低落差であっても、ある程度の流量が確保できれば設置可能で、中でも農業用水路が設置有力箇所である。また、小規模な分散型電源であり大規模水力に比べ設置コストがかからないことから、土地改良区等が発電事業を行うことによる地域への新たな収入源の確保など、農村地域での利用が期待される。

### <導入事例の調査(小水力発電)>

～那須野ヶ原土地改良区連合の取り組み(栃木県那須塩原市)～

那須野ヶ原土地改良区連合では農業農村地域に存在する自然エネルギーを積極的に活用しようと様々な取り組みを行っており、中でも本地域は約40,000haの広大な複合扇状地であり、扇中央から扇頂部までの距離が約300kmで標高約480mという急峻な地形を利用した小水力発電の取り組みが進んでいる。

発電した電気は全量売電し、その収益により土地改良施設の維持管理費の低減が図られている。

本地区は、農業用水を活用した全国の小水力発電の中で、採算性を満足する数少ない大規模事業者である。

【水力発電施設】(農水省国庫補助事業及びNEDO助成金を活用し設備導入)

- ・ 那須野ヶ原発電所 1基 340kW (有効落差28m 最大使用水量1.6m<sup>3</sup>/s)
- ・ 百村第一・第二発電所 4基 30kW×4基 (有効落差2m 最大使用水量2.4m<sup>3</sup>/s)
- ・ 麩沼第一・第二発電所 2基 360kW×1基、180kW×1基 (有効落差29.11m、15.51m 最大使用水量1.6m<sup>3</sup>/s)



百村第一・第二発電所



百村発電所全景

※ 資料提供 那須野ヶ原土地改良区連合

#### ◇マイクロ発電設備の導入のポイント

～百村第一・第二発電所の事例(農業用水路の落差工に発電機を設置)～

- ・ 既存の水路の落差工を利用することにより、新たな土木工事の必要性がない(コストダウン)
- ・ 工場製作品を短期間に現地据付(プレキャストによる工期短縮)
- ・ 発電機及び維持管理が容易(メンテナンスフリー)
- ・ 発電効率を落とす原因となる水路に流れる草やゴミの処理  
(高額な除塵機を設置する代わりにやな漁の仕組みを使った独自のスクリーンを利用し、人力による定期的な除去対応によりコストダウンを図った。)
- ・ 導入には年間発生電力量に対する建設コストが300円/kWh以下、及び通年通水が必須条件



## 7. 木質バイオマス

木質バイオマスについては、未利用資源の有効活用や林業振興、収集・運搬・加工までの間で新たな雇用も見込めることから、地域振興に資するものとして期待されている。

本章では、電源毎の概要を示してきたところであるが、木質バイオマスの利用方法には、発電の他、熱利用も有効であることから、ここでは発電に加え熱利用についても示すこととする。

木質バイオマスを含めバイオマスは、生物が光合成によって生成した有機物であり、燃焼することにより放出されるCO<sub>2</sub>は、生物の生長過程で光合成により大気中から吸収した二酸化炭素であることから、ライフサイクルの中でCO<sub>2</sub>を増加させない、いわゆる「カーボンニュートラル」の特徴を有している。

### (1) 利用方法等

#### ① 利用方法

バイオマス発電は、直接燃焼させて発電する方式と燃料をガス化して発電する方式がある。

また、熱利用においては、燃焼によって発生した熱により温水や蒸気を作り、これを給湯や冷暖房に利用する。

#### ② 木質バイオマスの種類

木質バイオマスには、林業の生産活動から発生する「未利用間伐材等」と、木材加工の工程で発生する「工場残材」、そして建設現場などで発生する「建設発生木材」に分けられる。

「未利用間伐材等」には、林地残材として主伐後に林内に残される枝条、末木、根元部分があるほか、間伐や除伐などの森林の保育作業で回収されない木材がある。

一方、同じ森林から発生するものであっても、道路の開設やダム建設で発生する木材は産業廃棄物として扱われていることから、建設発生木材に分類される。

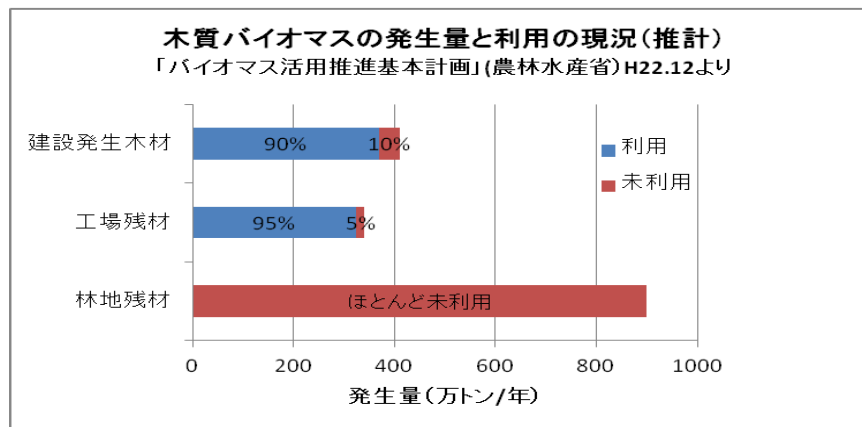
未利用間伐材等	工場残材	建設発生木材
林地残材 	製材廃材 	建築廃材 
間伐材 		道路・ダム等伐開材 

## (2)導入状況

国内の導入状況は、RPS法に基づく認定設備の状況で見ると、2010年3月末時点で、350件、196万kWである。なお、この数値は木質バイオマスだけでなく、廃棄物発電などのバイオマス発電全てのものである。

また、未利用間伐材等の利用状況については、「バイオマス活用推進基本計画(H22.12)」では、年間発生量約800万tのほとんどが利用されていないと指摘している。

この要因について第2回バイオマス活用推進専門家会議では、未利用バイオマスの有効な回収システムが未確立であることや利用者とのマッチングが不十分であると総括している。



## (3)課題等

- ① 全国で毎年約800万t発生する未利用間伐材等は、資源としての潜在的な利用可能性を有しているにもかかわらず、供給コストに対する採算性が合わないことから、多くが搬出されず林内に放置されている。平成14年度に報告された林地残材の供給コストは14,900円/tとなっており、林内に放置された状態のものを再び機械を持ち込んで引き出すには相当のコストが必要であることがわかる。
- ② 未利用間伐材がこれまで利用されてこなかった理由は、木質バイオマス資源が急峻な林内に広く薄く存在していることで、集材コストがかさんでしまうことがあげられる。島根県のように急峻な地形が多い場合、木材を道端まで集める方法は、架線集材となることが多い。ただし、この架線集材に用いられる集材機は昭和40年代から形状が変わっておらず、今後改良の余地は十分にあると考えられる。
- ③ 木質バイオマスには十分な発熱量がありながら、水分を含むため、燃料として利用する場合は、含水率に応じた発熱量となる。

そこで、木質バイオマスを提供するときには、需要者から含水率の上限を求められることがあるため、低い含水率の木質バイオマスを供給できるよう、ストックヤードなどを設けて、原料を乾燥させる方法などを検討していく必要がある。また、木質バイオマスを発電に利用する際は、さらにエネルギーの損失を生じることから、小規模での利用を考える場合、80%程度の効率を有する熱利用をまず検討し、その後、熱電併給、さらに電力利用へと進めていくことが望ましいといえる。

- ④ これまで森林から発生する燃料用木質バイオマスは、建設発生木材が多かったため、土砂の付着した根株なども破碎できる、ハンマーミル方式の破碎機が多く導入されてきた。現在、中国電力三隅発電所に供給される木質バイオマスも、おおむね半分はハンマーミルにより生産された「破碎チップ」であり、残り半分は製紙用チップを製造するためのカッターディスクを用いた「切削チップ」となっ

ている。今後、より一層木質バイオマスの需要が増加してくれば、土砂を含まない未利用間伐材等を短時間に効率よく生産することができる「切削チップ」を生産する必要がある、さらにその生産方法も皮むき工程とセットになった製紙用チップの製造施設ではなく、欧州で導入が進んでいる移動式チップパーが導入される必要がある。切削タイプの移動式チップパーの導入が進まない理由は、価格が高いことと、導入実績が少ないため、事業者がリスクを感じていることによると考えられる。

- ⑤ 現在、県内の多くの市町村で温浴施設などのボイラーを従来の灯油や重油焚きから、木質バイオマスに変更する動きがある。さらに、これまで導入されてきた施設では原料に工場残材や建設発生木材が使われていたのに対し、今後導入される施設は、地域の未利用間伐材等を使う計画となっている。石油価格が高止まりしていることや、チップボイラの稼働実績ができてきたことなどが導入増加の要因と考えられるが、何より豊富にある地域資源を使わずに海外から化石燃料を購入することに対する素朴な疑問があるように思われる。一方、このような前向きな動きがあるにもかかわらず、供給側は零細な事業者が多いため、設備投資に躊躇しており、この躊躇が需要側の不安ともなっている。木質バイオマスを利用する動きが全県、あるいは民間施設まで広がり、さらには将来の発電利用を想定した場合、しっかりとした供給体制の整備を行う必要がある。

#### (4) 今後の動向

木質バイオマスの熱利用は、60～90%と利用効率が高いため、化石燃料代替効果が高く、電力への利用より熱利用を優先すべきとの意見もある。EU諸国でも木質バイオマスの8割が熱利用されており、日本でも熱利用が進むと見込まれるが、現在の需要動向を調査し、既存の重油ボイラーなどの更新にあわせた転換が検討されていくと思われる。

熱需要として見込まれるものには、公共の温浴施設や空調施設、病院やホテルなどの滞在型施設、工場やクリーニング店など店舗型施設、家庭用給湯需要・暖房需要などがあげられる。

発電事業については、現状で木質バイオマスのみを利用する専焼発電ではコストが合わず、全量固定価格買取制度導入後も実施の期待はできない。一方で電力会社や工場にある石炭火力発電への混焼については、既設発電所の高い発電効率を活用することができる上、新たな施設の追加が少ないため、状況によってはさらなる導入の可能性はある。

#### <導入事例の調査(林地残材バイオマス石炭混焼発電)>

##### ○三隅発電所

国内でも最大級の石炭火力発電所である三隅発電所において、「林地残材バイオマス石炭混焼発電実証事業」として県内の林地残材をチップ化して石炭と混焼する実証試験を実施中である。

○運転開始：H10年6月

○実証事業：H23年2月～H24年度末

○場所：島根県浜田市

○出力：100万kW

○混焼率：2%

○年間チップ混焼量：3万t





## 8. 地熱発電

地熱発電は地下熱源から噴出する大量の蒸気や熱水を汲み上げ、蒸気タービンを回して発電する方式で、地球の中が「自然のボイラー」の役目をしている汽力発電の一種である。地下に掘削した井戸の深さは1～3kmとなり、一日中蒸気が噴出するため連続しての発電が可能であることや設備利用率も約80%と高いことから、再生可能エネルギーの中で一番のベース電源となりうる発電である。

また、地下の地熱エネルギーを使用するため、化石燃料のように枯渇する心配も無く、燃料コストも不要であり長期にわたる供給が可能である。地熱は世界有数の火山国である日本に豊富に存在する純国産のエネルギーである。

### (1) 発電の仕組み

地熱発電は地下熱源から噴出する大量の蒸気及び熱水(約200度以上)を汲み上げ蒸気タービンを回転させ発電機から電気を得るものである。

現在日本で運転している発電方式としては、以下の通りである。

方式名	概要
シングルフラッシュ方式	地下から取り出した蒸気と熱水を気水分離機により分離させ蒸気を直接タービンに送る方式。使用した熱水と蒸気凝縮水は地下に戻している。
ダブルフラッシュ方式	蒸気が抽出された後の熱水を減圧させ再度蒸気を発生させタービンに送る方式。
ドライスチーム方式	蒸気のみ発生する場所では気水分離機が必要なく、そのままタービンに送る方式。
バイナリー方式	地熱流体の温度が低く十分な蒸気が得られない時などは地熱流体で沸点の低い媒体(アンモニア、ペンタン等)を加熱し、媒体蒸気でタービンを送る方式。これによりシングルフラッシュ式では利用できない80～100℃の低温熱水による発電を可能とした。発電に使用した蒸気・熱水は全量地下に戻している。なお、新エネルギーとして定義される地熱発電はこのバイナリー方式のものに限られている。

### (2) 導入状況

国内の導入状況は、2010年時点で約54万kWとなっている。これは世界第8位の設備容量であり、世界第1位はアメリカの約309万kW、第2位はフィリピンの約190万kW、第3位はインドネシアの約120万kWとなっている。日本の資源量としてはアメリカ、インドネシアに次いで第3位とされている。

また、2010年度において地熱発電所(一般電気事業者及び卸電気事業者)で発生した発電電力量は約2,469,475MWhであり、これは日本の総発電電力量における割合は0.27%に過ぎない。

日本最初の地熱発電所である松川地熱発電所が1966年に運転開始して現在も稼働中であることから、実耐用年数は40年以上あり長期安定的な電源である。松川地熱発電所の運転開始以来、石油ショックを契機として、エネルギー政策の一環として開発が進んだ。多くの発電所は火山の多い東北及び九州の一部に集中して建設された。しかし1999年に運転開始した八丈島地熱発電所以降は新規開発がなされていない。

### (3) 課題等

- ① 地熱は地下資源であるため資源量調査・試掘調査などの調査費用が高額になる。また建設箇所が決定してから掘削、発電所建設、運転開始までの期間(リードタイム)が9～13年掛かるとされ

ている。このことが発電コストを押し上げている要因でもありそのため新規開発が進んでいない。

- ② 開発地点となる多くの場所が国立公園や国定公園に指定され法律上建設が困難となる。また温泉地に近い場所では、景観上の問題や温泉への影響が懸念され関係者から理解が得られず開発が出来ないケースもある。

#### (4) 今後の動向

バイナリー方式の中には、温泉地において直接入浴に利用するには高温(70~120℃)な温泉の熱を50℃程度に下げる時の余剰エネルギーを利用したコンパクトで小出力の温泉発電も設置されている。既存の温泉への影響が少なく新たに井戸を掘ることは不要である。よって低コストで確実性が高くなるため、地熱発電が出来ない温泉地で分散型電源として設置が進んでいく可能性がある。

また、高温の蒸気・熱水は温泉や農業(ハウス用暖房)、漁業(魚の養殖)及び地域の暖房等として再利用が可能である。温泉の排熱も含めてヒートポンプなど温泉熱の有効利用が検討されている。

### 9. その他発電方式

新たな担い手として世界的に注目を集めている太陽熱発電や、波力発電、海洋温度差発電、およびその他の再生可能エネルギーについて以下に紹介する。(新エネルギー・産業技術総合開発機構「NE DO再生可能エネルギー技術白書」より)

#### (1) 太陽熱発電

太陽熱で作った蒸気でタービンを回して発電するシステム。世界のサンベルト地帯(北アフリカ地域やオーストラリアなどの日照量の多い地域)で導入計画が相次いでいる。ベース電源利用に向けて、蓄熱システムの開発が鍵となっている。

太陽熱発電には、直達日射量の多い地域が適しており、一般的には年間 2,000kWh/m<sup>2</sup>以上の発電量が得られる湿気や粉塵の少ない地域が適地とされている。

日本の年間発電可能量は 1,000~1,300kWh/m<sup>2</sup>の間に分布しており、一般に日本の地理・気象条件下では、太陽熱発電の採算を得るのは難しいと言われている。こうしたことから、サンベルト地帯の国々では積極的な導入目標等が掲げられているが、日本において目標設定はなされていない。

日本の取り組みとしては、国内への導入ではなく、技術開発を進め、世界市場における日本企業の競争力を高めることだと考えられる。

<太陽熱発電の適地>

北アフリカ、南アフリカ、中東、インド北西部、米国南西部、メキシコ、ペルー、チリ、中国西部、オーストラリア西部等
---

#### (2) 波力発電

波力発電は、波のエネルギーを利用した発電システム。様々な技術を用いた波力発電装置が各国で開発されている。現時点で実用化されているものは少ないが、そのポテンシャルの大きさから、将来における普及が期待されている。

＜波力発電の種類＞

振動水柱型	海面の上下動により生じる空気の振動流でタービンを回転させ発電
可動物体型	可動物体を介して波エネルギーを機械的な運動エネルギーに変換し、ピストンを動かして発電
越波型	波を貯水池等に越波させて貯留し、排水する際に水車を回して発電

日本近海の波力エネルギーは年平均 12～18kW/m(波高)と、マクロ的には諸外国と比較して大きくないが、日本の周辺海域の基礎的なデータが十分に整備されていないため、詳細なポテンシャルは不明である。局所的には理想的な波が得られるエリアも存在するため、今後導入を検討するにあたっては、より詳細なメッシュデータが求められる。

＜各地近海の波力エネルギー＞

場 所	波力エネルギー(kW/m)
日本	12～18
英国	70
ポルトガル	48
米国(ハワイ)	100
豪(ポートランド)	63

出典: Pelamis Wave Power Ltd ホームページ(<http://www.pelamiswave.com/content.php?id=155>)より作成

＜世界の波力エネルギー資源量＞

波力エネルギー	8,000～80,000TWh/年
---------	-------------------

出典: "Harnessing the Power of the Oceans"(2008, Gouri S. Bhuyan)

現状、研究開発の中心は欧州・米国であり、日本は過去に基礎研究で世界を先導していたが、実用化段階の研究で遅れを取っている。近年、日本においても再び研究開発の気運が高まっている。

波力発電については、日本の自然条件下で成立する発電装置の開発や国際競争力を有する装置の開発、国内企業の育成が重要と考えられ、発電効率の向上やコスト低減、維持管理・故障の防止、海洋環境への対応、送電・電力輸送、出力の平滑化に向けた技術課題を解決していく必要がある。

**(3) 海洋温度差発電**

海洋温度差発電は、表層の温かい海水(表層水)と深海の冷たい海水(深層水)との温度差を利用して発電する技術。海洋温度差エネルギーは、昼夜の変動がなく比較的安定したエネルギー源であり、季節変動が予測可能であるため、ベース電源として使い計画的な発電が可能となる。

海洋温度差発電のシステムは、蒸発器、タービン、発電機、凝縮器、作動流体ポンプ、表層水ポンプ、深層水ポンプで構成され、各機器はパイプで連結されている。


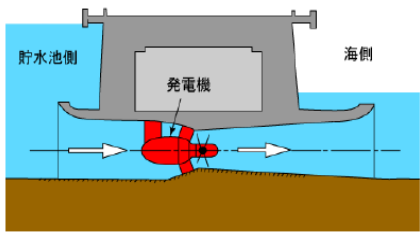
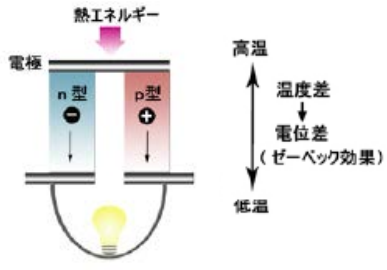
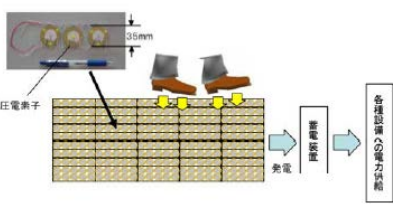
海洋温度差発電において経済性を成立させるためには、平均的に 20℃程度の温度差が必要とされている。海の表層と深層 1,000mとの温度差は赤道付近で大きく、インド、東南アジア、オーストラリア南部、メキシコ、ブラジル、アフリカ中部等の沖合が、温度差に恵まれている。

日本では沖縄、鹿児島、小笠原諸島などが適地に挙げられるが、本州においても理想的な温度差のもと発電を行うためには、発電所や工場等の温水排熱の活用が有効と考えられる。

日本の経済水域内の熱エネルギーの総量は106,000TWhと試算されており、このうち1%を電力として取り出した場合でも発電電力量は1,060TWhとなり、日本の年間電力需要をまかなえる規模となる。また、これは約1億トンの石油に相当するエネルギー量である。

海洋温度差発電の目指すべき姿は、世界最先端の技術地位の維持、国内での導入促進及び新規産業の育成であると考えられる。そのためには、技術開発や実証の推進により、信頼性の向上、コア技術の確立、複合プラントとしての事業性の確保を進めていく必要がある。

(4)その他

種 別	概 要	参 考
海流・潮流 発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水の運動エネルギーにより発電</li> <li>海流は比較的安定したエネルギー源</li> <li>コスト削減、高耐久化、管理・運用が課題</li> </ul>	
潮汐力 発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>潮汐に伴う潮位差を利用してタービンを回して発電</li> <li>フランスのランス発電所は40年の実働実績あり</li> <li>発電コストの削減、高耐久化、運用・管理が技術課題</li> </ul>	
熱電発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>2種類の金属又は半導体を接合し両端に温度差を設けると熱起電力が発生する「ゼーベック効果」を利用し、熱電変換素子により発電する技術</li> <li>変換効率が低く実用化に至らず。高効率化、低コスト化、製造加工技術の確立が重要</li> </ul>	
圧電発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>圧力により変形する際に電圧を発生する圧電変換素子を用いた発電方式</li> <li>コスト削減と高効率化、希少元素や有害物質を用いない材料開発が必要</li> </ul>	

出典:NEDO再生可能エネルギー技術白書(新エネルギー・産業技術総合開発機構)

※再生可能エネルギーのうち発電利用のものを掲載

### Ⅲ 各種電源の比較

「Ⅱ 電源毎の概要」において、電源毎の発電特性を示したところであるが、続いて電源毎の比較を行ってみたい。電源構成においては安定供給・環境適合・経済効率性の観点が必要になるため、この3つの観点から比較を行う。

#### 1. 安定供給性

安定供給の確保に関しては、発電特性、設備利用率、燃料供給の安定性について比較してみたい。

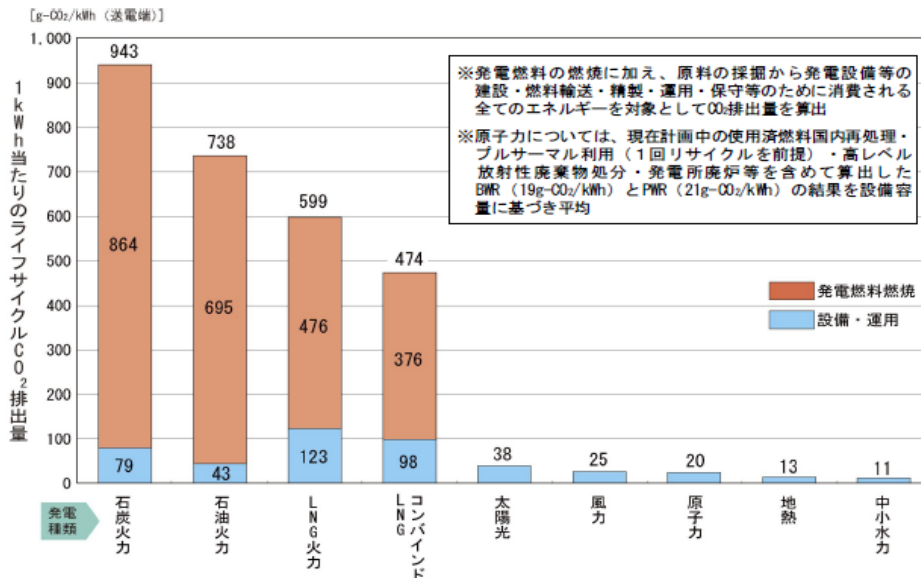
- ① 発電特性や燃料供給の現状を考慮すると石炭火力や原子力が安定供給性に優れている。
- ② 電力需要に応じた電力供給を行うためには、石油火力やLNG火力、揚水水力、一般水力を特性に合わせて使用することが必要になる。
- ③ 揚水水力や一般水力のうち大規模水力については、開発可能地点の利用が進み新規開発が限定的な状況にある。
- ④ 地熱発電についてはベース電源としての使用は可能であるが、新規地点の開発が限定される。
- ⑤ 太陽光や風力、小水力、バイオマス発電については、安定供給に向けた技術開発を行っていく必要がある。

区分	電源種別	発電特性	設備利用率	燃料供給(動力源)	備考
既存電源	石炭火力	・安定的な大規模発電が可能	80%	・埋蔵量も多く、安定確保が可能 ・燃料価格が安い	ベース電源
	石油火力	・安定的な大規模発電が可能	10%	・地域偏在性や埋蔵量の制約がある ・燃料価格は高い	ピーク電源
	LNG火力	・安定的な大規模発電が可能	80%	・地域偏在性が低く石油より埋蔵量が多い ・燃料価格は石炭と石油の中間	ミドル電源
	原子力	・安定的な大規模発電が可能	70%	・安定確保は可能であるが埋蔵量の制約がある ・燃料価格が安い	ベース電源
	揚水水力	・一定期間の発電のみ	—	・安定確保が可能	ピーク電源
	一般水力	・施設規模に応じ発電量が異なる	45%	・安定確保が可能 ・発電量は水量や貯水量に左右	ピーク・ベース
	地熱	・安定した発電が可能 ・開発地点が限定される	80%	・安定確保が可能	ベース電源
再生可能エネ	太陽光	・天候によって出力変動がある ・変換効率は良くない	12%	・資源が枯渇しない	
	風力	・再生エネの中では大規模な発電が可能 ・風況によって出力変動が大きい	20% (陸上風力)	・資源が枯渇しない	
	小水力	・比較的安定した発電が可能 ・発電量は少ない	60%	・資源が枯渇しない	
	バイオマス	・安定した発電が可能 ・変換効率は良くない	80%	・供給体制の構築が必要	

#### 2. 環境適合性

環境適合性に関しては、CO2排出について比較することとし、発電時に発生するCO2と燃料の採掘から発電所の解体までを含めたライフサイクルCO2排出量に関するグラフを以下に示す。

- ① 火力発電は、発電時にCO<sub>2</sub>を排出する。
- ② 火力発電の中でもCO<sub>2</sub>排出量が一番多いのは石炭火力で、次いで石油火力、LNG火力の順となっている。
- ③ コンバインドLNG火力は、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて効率よく発電する方式であり、火力発電の中では一番CO<sub>2</sub>排出量が少ない。
- ④ 火力発電の高効率化(エネルギー消費に対する発電量の増加)を進めることで、CO<sub>2</sub>排出の削減に繋がる。
- ⑤ 設備の長期使用や再利用を進めることもCO<sub>2</sub>排出の削減に繋がる。



出典:電気事業連合会 原子力・エネルギー 図面集 2011

### 3. 経済効率性

経済効率性については、1kWh 当たりの発電単価について比較する。なお、エネルギー・環境会議コスト等検証委員会で検証し平成 23 年 12 月 19 日に開催された同委員会で報告された発電単価を示す。

- ① 既存電源では石炭火力やLNG火力、原子力、一般水力が安い。
- ② 再生可能エネルギーの単価は総じて高く、その中でも太陽光が高い。

区分	発電種別	発電コスト
既存電源	石炭火力	9.5~9.7 円
	石油火力	36.0~37.6 円
	LNG火力	10.7~11.1 円
	原子力	8.9 円(下限値)
	一般水力	10.6 円
	地熱	9.2~11.6 円
再生可能エネ	太陽光	30.1~45.8 円
	風力	9.9~17.3 円(陸上風力)
	小水力	19.1~22.0 円
	バイオマス	9.5~9.8 円(石炭混焼)

出典:エネルギー環境会議コスト等検証委員会報告書

#### 4. 各種電源の比較一覧表

区分	発電種別	発電特性等	発電コスト	供給安定性	設備利用率	国内の発電量に占める割合(2009年度)	リードタイム	ライフサイクルコストCO2排出量(1kWh当り)	課題等
既存エネルギー	石炭火力	石炭は埋蔵量豊富で安価、世界中に分布し安定供給が可能	9.5～9.7円	◎	80%	24.7%	10年程度	943g	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO2排出量が多い</li> <li>CO2排出削減に向けた取組が必要</li> </ul>
	石油火力	需要変化への対応力に優れる 燃料貯蔵が容易	36.0～37.6円	○	10%	7.6%	10年程度	738g	<ul style="list-style-type: none"> <li>中東地域への依存度が高く、供給安定性に懸念</li> <li>価格変動のリスクが大</li> </ul>
	LNG火力	需要変化への即応性に優れるとともに、ベース電力としても利用可能 CO2排出量は、他の火力に比べ少ない 石油に比べ埋蔵量も豊富	10.7～11.1円	○	80%	29.4%	10年程度	474～599g	<ul style="list-style-type: none"> <li>輸送のための液化が必要</li> <li>液化ガス輸送・貯蔵に特殊な施設が必要</li> <li>より高効率発電の開発・導入に期待</li> </ul>
	原子力	供給安定性に優れる 少ない燃料で大量発電が可能 発電過程でCO2を排出しない	8.9円 (下限値)	◎	70%	29.2%	20年程度	20g	<ul style="list-style-type: none"> <li>事故が発生した際に重大事象に至る可能性がある</li> <li>使用済み核燃料、放射性廃棄物の処理に課題</li> <li>リードタイムが長い</li> </ul>
	揚水水力	基本的に余剰電力を蓄積することが目的 急激な電力需給の変化に対応し運転	—	—	—	0.7%	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>立地地点が限られ、ダム等大規模な開発が必要であり環境への影響がある</li> <li>汲み上げ用の夜間電力が必要</li> <li>土木施設が多く初期コストが高い</li> </ul>

区分	発電種別	発電特性等	発電コスト	供給安定性	設備利用率	国内の発電量に占める割合(2009年度)	リードタイム	ライフサイクルコストCO2排出量(1kWh当り)	課題等
再生可能エネルギー	一般水力	非常に短時間で発電を開始でき、電力需要の変化に素早く対応できる 施設の耐用年数が長い	10.6円	○	45%	7.3%	5年程度	—	・大規模な地点は9割以上開発済み ・老朽化施設が多い ・土木施設が多く初期コストが高い
	地熱	安定供給が可能でありベース電源となる 国内の資源量は、世界で3位	9.2～11.6円	◎	80%	その他新エネルギー等 1.1%	9～13年程度	13g	・開発地点が国立公園付近となり法律上設置が困難 ・温泉地の場合や周辺への影響が懸念される ・開発リスクが高く建設コストが高い
	小水力	河川の流れやダムとの落差を利用して発電 開発ポテンシャルは大きい 地産地消の電力が主体	19.1～22.0円	○	60%		2～3年程度	11g	・発電量が小規模であることから、経済性の確保が困難 ・発電施設の設置に際し、諸手続きが複雑且つ、時間を要する ・地域に導入するためには、技術的支援等が必要
	太陽光	基本的にメンテナンスフリー リードタイムが短い 各家庭でも導入可能 ライフサイクルコストCO2発生量は、原子力より多い	30.1～45.8円	×	12%		1年前後(メガワット)	38g	・出力が天候、昼夜によって大きく変動する ・太陽電池の技術開発によるコスト削減が課題 ・エネルギー変換効率が低く、大規模発電のためには広大な土地が必要
	風力	新エネの中では発電効率が高い 比較的発電コストが低い	9.9～17.3円(陸上風力)	×	20%(陸上風力)		4～5年程度(陸上風力)	25g	・気象条件によって出力が左右される ・自然公園法、森林法やバードストライクの問題など、開発適地の地域規制や利用制限がある ・洋上風力の技術開発が課題
	バイオマス	未利用資源を既存の火力発電で混焼可能 地域波及効果大	9.5～9.8円(石炭混焼)	△	80%		1年半程度(石炭混焼)	—	・国内バイオマスの安定供給と低コスト化が課題 ・国内の絶対量には限りがある ・食用や各種原料との競合の恐れ ・バイオマスは熱利用を優先すべきとの意見がある

出典:エネルギー環境会議コスト等検証委員会資料、エネルギー基本計画(2010)、原子力エネルギー図面集 2011、エネルギー白書2010



## 第5章 再生可能エネルギーの可能性

福島原発の事故を受け、安全で持続可能なエネルギー源として再生可能エネルギーの注目が集まっており、見直されるエネルギー政策においても再生可能エネルギーの導入拡大について示されるものと考えられる。

また、福島原発の事故以前から、地球温暖化対策やエネルギー需要が高まる中での化石燃料に対する経済優位性の向上、エネルギー自給率向上の観点から、再生可能エネルギーの導入を拡大しようとする取り組みが行われていた。

さらに、再生可能エネルギーは、その多くが地方に賦存することから、エネルギーの供給、輸送、消費に伴い新たな産業や雇用が生み出され、地域の活性化に寄与することも見逃せない。

以下に、再生可能エネルギーを取り巻く現状や今後の動向について示したい。

### I 再生可能エネルギーの現状等

#### 1. 背景

##### (1) エネルギー安全保障の強化

エネルギー需要の拡大が見込まれる中で、化石燃料については資源確保競争に伴う価格の高騰や政情変化に伴う供給途絶のリスクがある。エネルギーの大部分を海外からの輸入に頼っている我が国としては、エネルギーの安定供給を確保することが最重要課題である。

このため、再生可能エネルギーの導入を拡大することで、エネルギー自給率の向上、エネルギー源の多様化、分散型電源の導入、エネルギー輸入依存度の低減を図る必要がある。

##### (2) 地球温暖化対策の強化

温室効果ガスの約9割をエネルギー起源のCO<sub>2</sub>が占める我が国においては、既存エネルギーの効率的な利用を進めるとともに、再生可能エネルギーの導入を進めることが温室効果ガスの削減に寄与するものである。

政府は、2013年以降の世界の温室効果ガス削減を目指す国際的枠組みの交渉において、全ての主要国による公平かつ実効性のある国際的枠組みの構築や意欲的な目標の合意を前提として、2020年までに温室効果ガスを1990年比で25%削減するとの目標を掲げ、あらゆる政策を総動員したチャレンジ25の取り組みを行っている。

##### (3) 経済成長の実現

世界的に再生可能エネルギー市場が急速に拡大する中で、再生可能エネルギー関連産業が、将来的に我が国の経済成長の一翼を担うとの期待が高まっている。

新成長戦略においては、「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」を推進することにより、2020年までの目標として、「50兆円超の環境関連新規市場」、「140万人の環境分野の新規雇用」、「日本の民間ベースの技術を活かした世界の温室効果ガス削減量を13億トン以上とすること」を掲げており、こういった高い目標の実現に向けて再生可能エネルギーの導入拡大が重要になっている。

## 2. 現状

### (1) 導入目標

エネルギー基本計画における再生可能エネルギーの導入目標は、2030年に向けて一次エネルギー供給ベースで10%（2007年度実績5%）、発電電力量ベースで20%（同実績8%）としている。

また、エネルギー基本計画における太陽光発電等の2030年の導入推計は下表のとおりである。

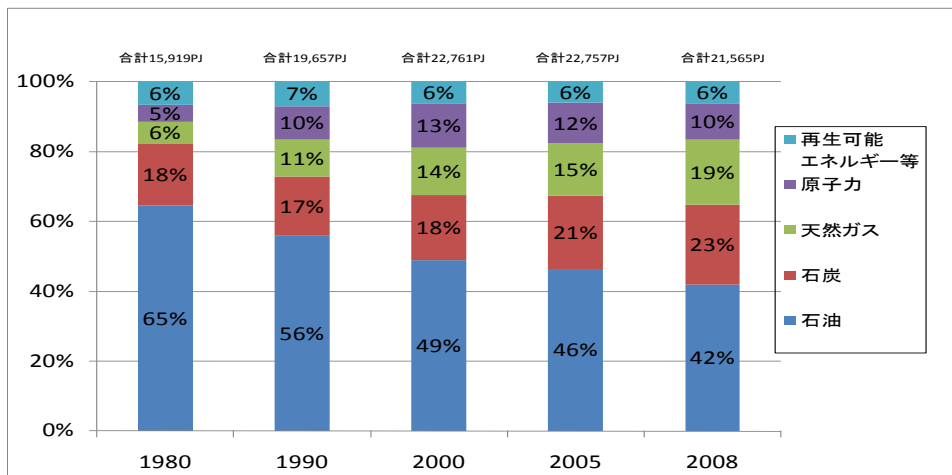
種 別	2030年推計	
	設備容量	発電電力量
太陽光	5,300 万 kW	571 億 kWh
陸上風力	1,000 万 kW	176 億 kWh
地 熱	1,655 万 kW	103 億 kWh

出典：エネルギー・環境会議コスト等検証委員会（H23.12.13）資料

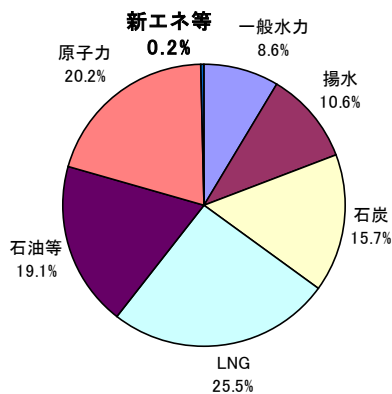
### (2) 導入状況

日本の再生可能エネルギーの導入状況について、一次エネルギー供給ベースで6%となっている。

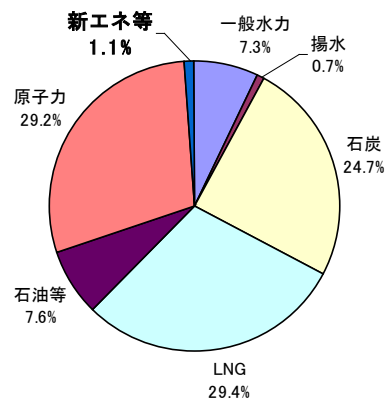
また、発電設備容量ベースは約9%、発電電力量ベースでは約8%となっている。（一般水力+新エネの合計で算出。）



発電施設の設備容量(2009年度)



発電電力量(2009年度)



出典：エネルギー白書 2010

※太陽光や風力などの個別の導入量については、「第4章 II 電源毎の概要」に記載

## II 国内の導入ポテンシャル

国内の導入ポテンシャルについて、環境省が実施した「平成 22 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」から示したい。

再生可能エネルギーの導入を進めるにあたって、今後の導入可能性を把握するためにも導入ポテンシャルの把握は必要不可欠であり、またポテンシャルマップの作成・公表は、導入地点選定の基礎資料となるものである。

なお、本調査結果及びポテンシャルマップは、次のHPで公開されている。

調査結果 <http://www.env.go.jp/earth/report/h23-03/>

ポテンシャルマップ <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep/index.html>

### <用語の定義>

賦存量	現在の技術水準では利用することが困難なものを除き、設置可能面積、平均風速、河川流量等から理論的に算出することができるエネルギー資源量 ※法規制などの種々の制約要因を考慮しないもの
導入ポテンシャル	賦存量の内数で、エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量 ※経済的制約要因を考慮しないもの
シナリオ別導入可能量	導入ポテンシャルの内数で、事業収支に関する特定のシナリオ(仮定条件)を設定した場合に具現化が期待できるエネルギー資源量 ※事業収支に関するシナリオは2種類 ・シナリオ1:現状のコストレベルを前提とし、固定価格買取制度において想定される買取価格及び期間で買取が行われる場合 ・シナリオ2:技術革新が進んで設備コスト等が大幅に縮減し、かつ固定価格買取制度において想定される買取価格及び期間が維持される場合

### 1. 太陽光発電(非住宅系)

区 分	導入可能量	導入ポテンシャルの高い都道府県
賦存量	推計なし	北海道、長野県、愛知県、岡山県、鹿児島県
導入ポテンシャル	14,929 万 kW (公共系建築物 2,315 万 kW、発電所・工場・物量施設 2,896 万 kW、低・未利用地 2,735 万 kW、耕作放棄地 6,983 万 kW)	
シナリオ1導入可能量	導入量表出せず ※24 円～48 円/kWh	
シナリオ2導入可能量	7,221 万 kW ※36 円/kWh	

### 2. 太陽光発電(住宅用)

住宅用太陽光発電の導入ポテンシャルについては、環境省調査では示されていないため、経済産業省で実施した「平成 22 年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業(太陽光発電及び太陽熱利用の導入可能量)」から示したい。

区 分	戸建住宅(4kW/戸)		導入ポテンシャルの高い都道府県
	屋根形状のみ考慮	耐震基準も考慮	
導入ポテンシャル	9,662 万 kW	4,897 万 kW	北海道、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、愛知県、大阪府、兵庫県

## 3. 風力発電

区 分	導入可能量	導入ポテンシャルの高い都道府県
賦存量	132,233 万 kW ※但し洋上風力は推計なし	(陸上風力) 北海道、青森県、岩手県、秋 田県、山形県、福島県、鹿児 島県、沖縄県
導入ポテンシャル	185,556 万 kW (陸上風力 28,294 万 kW、洋上風力 157,262 万 kW)	
シナリオ1導入可能量	14,064 万 kW ※20 円/kWh	
シナリオ2導入可能量	41,482 万 kW ※20 円/kWh	

## 4. 中小水力発電

区 分	導入可能量	導入ポテンシャルの高い電力管内
賦存量	1,705 万 kW (河川部 1,655 万 kW、農業用水路 32 万 kW、上下水道等 18 万 kW)	北海道、東北、東京、北陸、 中部電力管内
導入ポテンシャル	1,444 万 kW (河川部 1,398 万 kW、農業用水路 30 万 kW、上下水道等 16 万 kW)	
シナリオ1導入可能量	304 万 kW ※20 円/kWh、上下水道等推計せず (河川部 284 万 kW、農業用水路 20 万 kW)	
シナリオ2導入可能量	430 万 kW ※20 円/kWh、上下水道等推計せず (河川部 406 万 kW、農業用水路 24 万 kW)	

## 5. 地熱発電

区 分	導入可能量	導入ポテンシャルの高い電力管内
賦存量	3,314 万 kW (150℃以上 2,357 万 kW、120℃～150℃108 万 kW、 53℃～120℃849 万 kW)	北海道、東北、東京、北陸、 中部、九州
導入ポテンシャル	1,420 万 kW (150℃以上 636 万 kW、120℃～150℃33 万 kW、 53℃～120℃751 万 kW)	
シナリオ1導入可能量	476 万 kW ※20 円/kWh (150℃以上 408 万 kW、温泉発電 68 万 kW)	
シナリオ2導入可能量	518 万 kW ※20 円/kWh (150℃以上 446 万 kW、温泉発電 72 万 kW)	

## 6. 導入ポテンシャル等の総括

以下に導入ポテンシャル及び採算性を加味した導入可能量の総括を行いたい。なお、導入ポテンシャル等は、技術向上や買取価格などの条件設定によって異なることに留意する必要がある。

区 分	総 括
太陽光	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 太陽光(非住宅)は、現行の技術水準・採算性にあう条件では導入可能量は表出せず。環境省調査のまとめでは、“現状のコストレベルでは発電事業として大々的に普及していく可能性は高いとは言にくい”とされた。</li> <li>○ また、中国地方で導入量が多いのは岡山県。本県は適地とは言にくい結果。</li> <li>○ しかしながら、調査時点が東日本大震災前のものであり、現在のメガソーラー導入の動きを勘案すると、最新のコストと導入される固定価格買取制度を反映させた調査を行う必要があると考える。</li> </ul>

区 分	総 括
風 力	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 調査対象の中で一番導入可能量は多かったが、適地は北海道や東北、九州エリアに集中。</li> <li>○ 1地点あたりの導入規模が大きいこと、導入地域が集中していることにより、系統連系対策が課題。</li> </ul>
中小水力	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 全国的に一定の導入量が見込まれ、県内での導入も可能。</li> <li>○ 導入にあたっては、具体的な箇所選定や有望箇所での採算性の検証を行う必要あり。</li> </ul>
地 熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 中小水力と同程度のポテンシャル。規制緩和による開発地点の増加に期待。</li> <li>○ 現状、熱水源が低温域の場合は導入が困難。</li> </ul>

※平成 23 年 12 月 6 日のエネルギー・環境会議に設置されたコスト等検証委員会において、各省のポテンシャル調査の相違点の電源別整理資料が公表されたが、この資料では地域別の数値が明らかにされていないため、本報告書では参考にすることから外している。

### Ⅲ 再生可能エネルギーの導入拡大に向けた取り組み

再生可能エネルギーは、エネルギー自給率の向上やCO2排出削減などの観点から重要なエネルギー源であり、その導入拡大を図るべきであるが、再生可能エネルギーのうち太陽光や風力発電などは制御が困難で、出力が不安定であるため、大量導入された場合には地域的な電圧変動問題や周波数が不安定化するリスクがあり、現在の電力供給システムでは十分な受け入れ体制が整っているとは言い難い状況にある。

#### 1. 太陽光や風力発電等の大量導入に伴う電力系統上の課題

課題	概要	問題点	対策と技術課題
余剰電力の発生	太陽光や風力発電が増加すると、電力需要の少ない時期(夜間やGW年末年始等)に、ベース供給力等(原子力+水力+火力最低出力)と太陽光等の合計発電量が電力需要を上回り、余剰電力が発生。	同時同量が原則である電力の需給バランスが崩れ、周波数や電圧の変動を招く。	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力系統への蓄電池の設置や揚水発電の新增設</li> <li>余剰電力を発生させない、あるいは余剰電力の発生量を軽減するための太陽光発電の出力抑制や新規の電力需要の創出</li> </ul>
出力変動に伴う周波数調整力の不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光発電の出力は、天候等により大きく変動し、現時点では十分なデータの蓄積や知見が得られていないため、太陽光発電の出力予測は困難。</li> <li>太陽光発電の導入量が拡大すると、短期的な需給バランスが崩れ周波数が適正値を逸脱する等、電力の安定供給に問題が生ずるおそれ。</li> </ul>	周波数変動すると使用機器や発電所の発電機に悪影響を与える。適正値を超えた場合は、解列(電力会社の送配電系統から発電設備を切り離すこと)の恐れもある。	揚水発電の新增設や電力系統への蓄電池の設置、火力・水力発電との協調制御に向けた蓄電池等の制御技術の開発が必要
配電系統における電圧上昇	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、電力系統に電気が逆流した場合、配電系統の電圧が上昇。</li> <li>太陽光発電から系統側への逆流が増大する場合、配電網の電圧を適正値(101±6V)に保つため、太陽光発電の出力を抑制せざるを得なくなるおそれ。</li> </ul>	電圧が上昇すると使用機器に悪影響を及ぼすとともに周波数変動を引き起こす。 また、配電用変電所を越えた逆流(バンク逆流)が発生するおそれもある。	柱上変圧器の分割設置や電圧調整装置等の設置
単独運転と不要解列	<ul style="list-style-type: none"> <li>落雷等による系統事故等の場合、本来停止すべき電力系統において、太陽光発電等の分散型電源が単独運転することにより通電が継続するおそれ。</li> <li>本来解列すべきでない程度の電力系統の周波数や電圧の乱れが生じた時に“単独運転防止措置が動作する”、“瞬間的に出力低下の影響を受ける”等により太陽光発電が一斉に解列するおそれ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>単独運転では、公衆感電・機器損傷の発生や消防活動への影響、作業員の感電などが危惧される。</li> <li>不要解列では需給バランス等が崩れる恐れがある。</li> </ul>	太陽光発電の大量導入に対応した単独運転防止機能や不要解列防止機能を具備した太陽光発電システムの導入

出典:エネルギー白書2010、送配電システムの現状と課題について<次世代送配電ネットワーク研究会の概要等>

## 2. 新たな電力供給システムの構築

再生可能エネルギーの大量導入に向けて、大量導入された場合の系統安定化対策や電力利用の最適化に関する検討、研究開発、実証試験が行われている。また、大量導入を促進するための規制改革についても検討が行われている。

再生可能エネルギーを大量導入しつつ、電力供給の安定を確保するためには、既存電源の調整能力の強化や電力会社間の系統連系の強化、出力抑制などの対策が考えられる。

再生可能エネルギーの系統への接続については、諸説あるものの太陽光発電においては 1,000 万 kW 程度、風力発電においては 500 万 kW 程度までは特段の対策なしに接続が可能と言われており、これに達する前までのところで対策を講ずる必要がある、

以下にこれらの状況について示したい。

### (1) 日本版スマートグリッドの構築に向けた取り組み

スマートグリッドとは、電力需給両面での変化に対応し、電力利用の効率化を実現するために、情報通信技術を活用して効率的に需給バランスをとり、電力の安定供給を実現する電力送配電網である。

日本版スマートグリッドでは、再生可能エネルギーを大量導入するために、既存電源の調整能力強化や蓄電調整、出力抑制といった大量導入のための対策を情報通信技術の活用によって効率的に行おうとするものである。

この対象は既存の発電所、再生可能エネルギーの発電所、送配電系統、個人や企業などの需要家であり、送配電系統で結ばれる全てのものが含まれる。

#### ① 日本版スマートグリッドに必要とされる要素

○出力変動に対する系統強化を最小限の負担で行うこと。

→ 既存電源による調整力の強化、送電系統への蓄電池の設置、系統連系の強化が必要だが多額の投資を必要とする。問題解決と低コスト化の両方を実現する必要がある。

○低炭素化社会の実現に向けて省エネの推進を図ること。

→ 住宅太陽光や家庭用蓄電、スマートメーターなどの導入により、電力利用の最適化を図り省エネを推進する。

○住宅用太陽光の普及にあたって必要になる配電ネットワークの電力品質管理を行うこと。

→ 配電系統の電圧上昇に対し、柱上変圧器の分割や電圧調整装置の設置を進める。

○地域やコミュニティ単位でのエネルギー利用の効率化を図ること。

→ 分散型電源の導入やエネルギー利用の最適化を進めるためスマートコミュニティの取り組みを進める。

#### ② スマートグリッド制御の一例

○上流側(発電施設)

電力需給の状況を取得し、これに連動して太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを中心とした発電施設の発電量を調整。電力需要が下がるときには、発電した電気を蓄電池へ貯めたり、発電量を抑制する。

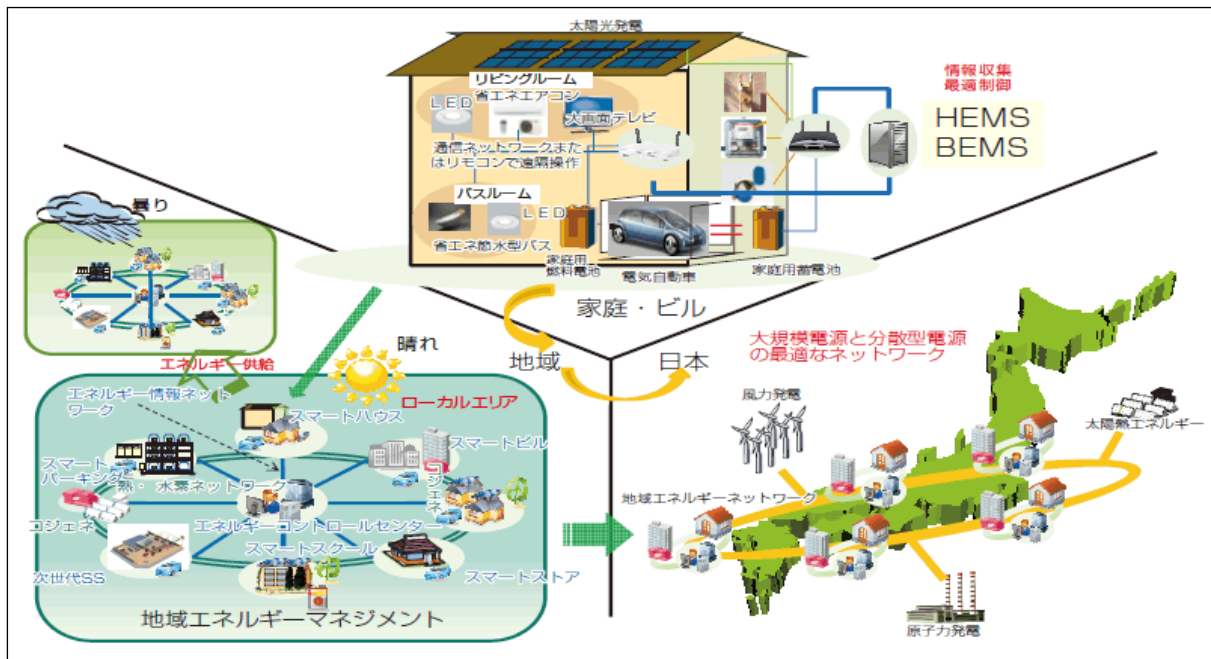
○中流側(送電施設)

送電線や変電所に蓄電池を設置し、電力需給に応じて蓄電を行う。また、地域ごとの需要を瞬時に把握して変電所や電力会社間で電力融通を行う。

#### ○下流側(需要家側)

スマートメーターやHEMS (ホームエネルギーマネジメントシステム)を活用して家庭でのデマンドレスポンス(需要家側の反応)を制御する。余剰電力が発生する場合には、電気自動車の充電やエコキュートでお湯を沸かすなどの最適利用を行う。

### ③ スマートグリッドの概念図



出典:エネルギー白書 2010

## (2) 電力利用の最適化に関する取り組み

発電所や送配電系統、家庭へ蓄電池を導入することは、再生可能エネルギーの出力変動対策において重要になってくる。

また、燃料電池やコジェネレーション、ヒートポンプの導入は、電力利用の最適化に有効であり、再生可能エネルギーの有効利用に密接に関係している。

加えて、こうした電力利用の最適化を図ることによって、CO<sub>2</sub>の排出削減や電気料金を安く抑えることができる。

以下にこれらの機器等について説明する。

### ① 蓄電池

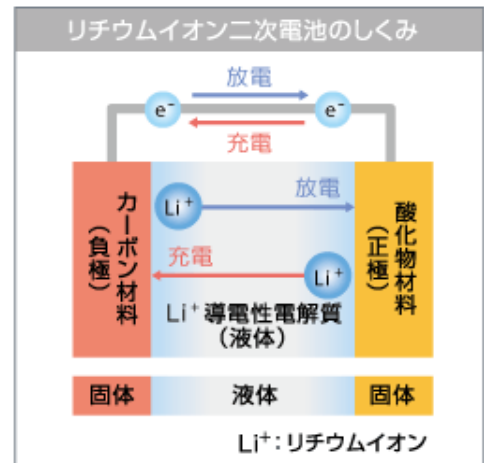
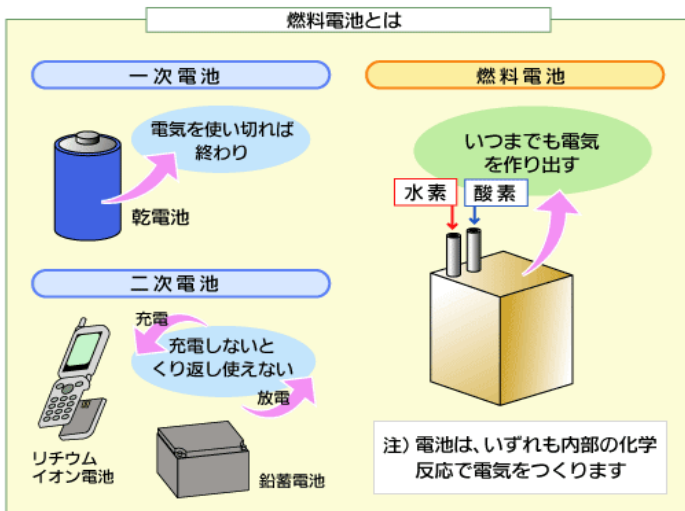
蓄電池とは、化学反応によってエネルギーを直接、電気に変換する化学電池のひとつで、一般的な乾電池などと同じタイプに属している。蓄電池は二次電池とも呼ばれ、放電のみの一次電池とは違って、充電すれば繰り返し使用できる。

蓄電池にはガソリン車のバッテリーに使われている鉛蓄電池や、ハイブリッド車や携帯電子機器に搭載されているニッケル水素蓄電池・リチウム二次電池などの種類がある。その中でリチウム二次電



池は、体積・重量あたりの電気蓄積量が大きい上、急速充放電が可能で、電池自体の劣化もほとんどなく長寿命、という優れた特性を持っており、電気自動車などに搭載する移動体用から電力貯蔵のための定置用まで幅広い利用が見込まれている。

今後、再生可能エネルギーでの発電比率を高めていく際、天候や時間で変動する出力への対応として蓄電池の使用により、発電量が多いときは大規模な蓄電池に蓄え、少ないときやゼロのときは蓄電池から出力するといったように安定した供給が可能になる。蓄電池は再生可能エネルギー利用を広げ低炭素社会を実現する有望な手段のひとつである。

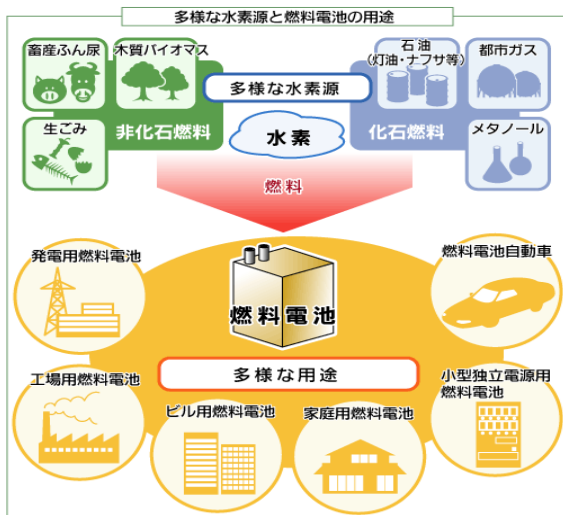


※出典 NEDO「よくわかる技術解説 燃料電池」

② 燃料電池

燃料電池とは、水素と酸素を利用した次世代の「発電システム」である。水素と酸素を直接燃焼反応させるのではなく、陰極と陽極で水素と酸素を反応させる電気化学反応を用いて、水素の持つ化学エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。

特徴として①排熱を利用した総合発電エネルギー効率は既存の発電システムに比べはるかに高い、②他の発電装置と比べると低騒音・低振動、③環境汚染物質をほとんど出さない地球環境に配慮した新しい発電システム等が挙げられる。燃料電池からはクリーンなエネルギーが得られるので注目され、開発が進み家庭でも使われるようになってきている。

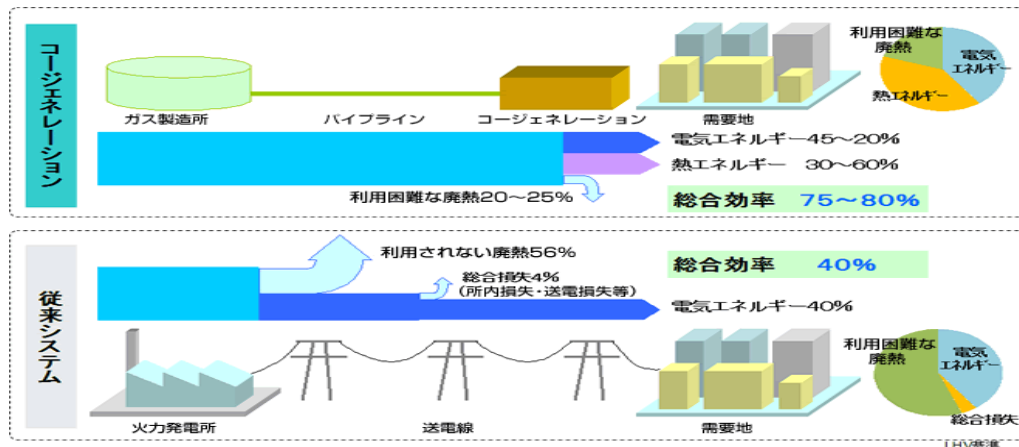


※出典 NEDO「よくわかる技術解説 燃料電池」

## ③ コージェネレーション

コージェネレーションとは、熱と蒸気の両方を発生させるという意味で、発電と熱供給の二つの発生を同時に行うことから生まれた言葉である。これまで捨てていた熱を有効利用するため、発電のために使っていたエネルギーの効率を高めることができる。発電方式によっても違いはあるが、一つのエネルギー源から電気エネルギーが最大で40%、熱エネルギーが最大で40%、合わせて80%近くの高いエネルギー効率を得ることができる。エンジンなどの内燃機関を利用したもののほか、燃料電池によるコージェネレーションシステムもある。

ガスなどを直接燃焼させないため発生する熱量自体は少ないが、発電効率に優れ、熱よりも電気の利用率が高い一般家庭に適している。



※出典 コージェネレーション・エネルギー高度利用センターHP

## ④ HEMS (ホームエネルギーマネジメントシステム)

HEMSとは、太陽光発電等の「創エネ」、家電制御の「省エネ」、蓄電池の「蓄エネ」の三つを連係させ、太陽電池の発電状況や家電の電力消費状況に応じてエネルギーを有効活用できるような時間ごとにきめ細かく制御するシステムのことである。「HEMS」で実現できることは、大きく分けて「表示」と「制御」の2つである。どれだけのエネルギーが、いつ、どこで、何によって発電・使用されているかを「見える化」するのが「表示」で、エネルギー供給源の適切な選択や、家中の機器を一括コントロールしたり、自動的にエネルギー使用量を最適化したりするのが「制御」である。

なお、管理対象により名称が異なりビル単位で行う「BEMS」と地域単位の「CEMS」等がある。

## ⑤ ヒートポンプ

ヒートポンプとは、「熱を汲み上げる」という意味で、「熱を移動させること」によって熱を取り出して利用する仕組みで、大気熱をはじめ、河川や海、家庭や工場から出る排熱など、身近にある未利用熱をより高い温度にして効率的に利用することができる省エネルギー技術である。

ヒートポンプは、電気を熱エネルギーに変換するのではなく、熱を移動させる動力源として電力を用いるため、消費電力の約3倍以上の熱エネルギーを利用することができる。つまり、エネルギー消費効率(COP)3.0以上ということになり、石油などの化石燃料を燃やして熱を得る従来のシステムに比べ効率がよく、またCO<sub>2</sub>などの温室効果ガス(GHG)を排出しない、環境負荷が低いシステムであるといえる。

(3)規制改革に関する取り組み

政府のエネルギー・環境会議では、「当面のエネルギー需給安定策～エネルギー構造改革の先行実施～」に掲げる「エネルギー需給関連の規制・制度改革リスト」を具体化した「政府のエネルギー規制・制度改革アクションプラン」を策定した。

このアクションプランにおいては、①電力システムの改革、②再生可能エネルギーの導入加速(供給構造改革)、③省エネルギーの推進(需要構造改革)の3点を柱とし、現時点で政府が取り組むこととしている又は検討中の規制・制度改革事項が「実施・検討事項詳細リスト」としてとりまとめられている。

エネルギー・環境会議は、この3つの柱(重点課題)については、検討を担う各省から平成 23 年末にエネルギー・環境会議に進捗状況が報告され、平成 23 年度末には検討結果を報告するとしている。これらの重点課題については、原則として、平成 23 年度中に結論を得て、速やかに措置するとしている。

以下にこの重点課題とその概要を示す。

重点課題	概要
電力システムの改革	分散型電源も活用した電力事業への参入加速と需要家の主体的な行動に基づく省エネを加速するための対応。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・分散型電源の活用拡大</li> <li>・スマートメーターの導入促進と柔軟な電気料金メニューの設定</li> <li>・卸市場の活性化によるコスト低減</li> </ul> ※送電分離や原子力事業の在り方も含めた電力改革について政府内で検討を進める。
再生可能エネルギーの導入加速	再生可能エネルギーの導入加速 <ul style="list-style-type: none"> <li>・系統連系の円滑化</li> <li>・立地規制の見直し</li> <li>・新技術・新製品に対応した保安規制の見直し</li> </ul>
省エネルギーの推進	省エネルギーの推進 <ul style="list-style-type: none"> <li>・需要側における電力ピーク対策の導入</li> <li>・蓄電池の利用拡大</li> <li>・民生部門を中心とした省エネ規制の徹底・強化</li> <li>・熱エネルギーの有効利用の促進</li> </ul>

## 第6章 これまでのまとめとエネルギー政策に関する考察

これまで、世界及び日本のエネルギーの現状、国におけるエネルギー政策見直しの現状、また、各電源、及び再生可能エネルギーについての特性等を整理してきた。本章ではそれらを総括するとともに、本検討グループの考察を示したい。

### I これまでのまとめ

#### 【世界の情勢】

- 世界のエネルギー消費量は長期的に見て着実に増え続けている状況
- 各国ともエネルギー安全保障の観点から、自国が保有する資源を考慮した上でのエネルギー源の多様化がエネルギー政策の重要なテーマ

#### 【日本の現状】

- 日本の電力需要も増加傾向にあり、今後も増加すると見込まれている
- 電力供給は、燃料コストの安い電源によるベース発電と、需要変動に対応するための調整能力重視の発電を組み合わせ、安定供給を実現
- 現行のエネルギー政策では、3Eが原則であり、この中でも「エネルギー安全保障」は、資源小国である我が国において、国の根幹を支える重要課題
- 現行のエネルギー基本計画では、原子力及び再生可能エネルギー由来の電源比率の引き上げを目指す(2007年34%→約70%)

#### 【国におけるエネルギー政策の見直し】

- 福島原発の事故を受け、エネルギー政策の見直しがスタート。平成24年夏頃を目処に新たな政策が決定
- 見直しの方向性は、新たに「安全・安心」を加えた「3E+安全・安心」の実現
- 安全で環境にやさしいエネルギー源として再生可能エネルギーの導入拡大の検討
- 原発については、可能な限りでの依存度低減を目指し、原子力政策に関する徹底検証を実施

#### 【既存電源の現状等】

- 火力発電は、調整電源として今後も重要。CO<sub>2</sub>排出削減等の観点から高効率化を推進
- 原子力発電は、安全性や経済性の問題も含めて、徹底検証を実施
- 水力発電は、開発可能箇所減少により小水力にシフトする傾向

#### 【再生可能エネルギーの現状等】

- 太陽光発電は、発電事業及び住宅用での幅広い導入が見込める。課題は、発電単価が高いこと、日射量による出力変動があること
- 風力発電は、再生可能エネルギーの中でも大規模発電が可能。課題は風況による出力変動があること、立地箇所の確保が困難なこと
- 小水力発電は、安定した発電が可能。農業用水路などでの幅広い導入が見込める。課題は、低コスト化が必要なこと、設置にあたっての手続きが煩雑なこと
- 木質バイオマスは、供給に対する採算性の問題から利用が進んでいない。熱利用が効率的。資源としての潜在的な利用可能性は大きく、地域活性化へも寄与
- 地熱発電は、安定した発電が可能。課題は、開発リスクが大きいこと、立地箇所の確保が困難なこと

【再生可能エネルギーの導入に向けて】

- 再生可能エネルギーは、エネルギー自給率の向上やCO<sub>2</sub>の排出削減、関連産業による経済効果などの観点から導入拡大するメリットがある
- しかしながら、大量導入により設備の低コスト化が見込めるが、余剰電力の発生や周波数変動、配電系統における電圧上昇などの解決すべき課題も多い
- 現在、こうした課題を解決するため、スマートグリッドの導入などの検討や実証試験が行われているところ

エネルギー政策に関するまとめは以上のとおりである。これらを踏まえ、今後の島根県のエネルギー政策について考察を示す。

## II エネルギー政策に関する考察

国におけるエネルギー政策の見直しでは、エネルギー安全保障の観点から多様な電源を確保する必要があり、そのひとつとして安全で環境にやさしいエネルギー源である再生可能エネルギーの導入拡大を図ることが検討されている。

具体的な導入の目標量や時期、そして課題をどのように解決するのかは明らかにされていないが、島根県内においても国の方針を踏まえて、多様な電源の確保や未利用エネルギーの活用という観点から、再生可能エネルギーの導入について、可能な範囲で進めるべきと考える。

以下に再生可能エネルギーの県内導入の方向性について示す。

- 再生可能エネルギーの県内導入を可能な範囲で進めるべきと考えるが、導入にあたっては、系統安定化対策などの課題がある
- また、日射量などの地域特性によって導入に適した再生可能エネルギーが異なるとともに、導入した場合の採算性も異なる
- 一方、再生可能エネルギーの導入は、エネルギーの供給から消費といった流れの中で、新たな経済活動が形成されることから、地域経済の活性化といった効果も期待できる  
また、農業や林業などの地域産業の中で多目的な利用を行うことによって、付加価値の創出を図ることも可能と考える
- このため、県が施策展開するにあたっては、県内への導入適性を踏まえた上で、特に地域に貢献することが期待できるものについて、積極的に取り組むべきと考える

## 第7章 再生可能エネルギーの県内導入

第6章の考察でも述べたとおり、再生可能エネルギーの導入にあたっては、県内導入に適したエネルギーを推進すべきこと、県が導入支援を行うにあたっては、特に地域に貢献することが期待できるものについて積極的に支援すべきと考える。

本章では、県内導入に適したエネルギーは何か、地域に貢献することが期待できるエネルギーは何かについて考えてみたい。

### I 県内導入の適性

環境省が実施した「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」などを基に中国5県との比較により県内導入に適したエネルギーを考えてみたい。

なお、ここで示す導入可能量において想定している買取価格は、固定価格買取制度の検討段階で想定したものであり、実際のものとは異なることに留意する必要がある。

賦存量	現在の技術水準では利用することが困難なものを除き、設置可能面積、平均風速、河川流量等から理論的に算出することができるエネルギー資源量 ※法規制などの種々の制約要因を考慮しないもの
導入ポテンシャル	賦存量の内数で、エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量 ※経済的制約要因を考慮しないもの
シナリオ別導入可能量	導入ポテンシャルの内数で、事業収支に関する特定のシナリオ(仮定条件)を設定した場合に具現化が期待できるエネルギー資源量

#### 1. 太陽光発電

導入ポテンシャルは、非住宅用では岡山県が突出して高く鳥取県が低い。本県は広島県や山口県とほぼ横並び。住宅用は本県と鳥取県が低い。これは戸建住宅件数が少ないことによると考えられる。

導入の適性については、太陽光発電 kW 当たりの年間発生電力量で勘案すると、中国地方では岡山県、広島県、山口県が高く、本県と鳥取県は低い。

本県と岡山県を買取価格 40 円/kWh で比較してみると、本県は 891kWh×40 円=35,640 円、岡山県 1,016kWh×40 円=40,640 円で 1kW 当たりの年間売電収入の差は 5,000 円/kW になる。

これは、戸建住宅(4kW 想定)では 2 万円、大規模発電(3,000kW 想定)では 15 百万円の差が年間で発生することになる。(なお、本推計で使用した発生電力量は住宅用太陽光のものであること、加えて県平均の数値を基にしたものであり、実際の数値とは異なることに留意が必要。)

こうしたことから、太陽光発電については県内導入適性が良いとは言い難いと考えられる。

区 分	島根県	鳥取県	岡山県	広島県	山口県
非住宅用導入ポテンシャル	342.81 万 kW	49.79 万 kW	622.72 万 kW	313.30 万 kW	336.72 万 kW
住宅用導入ポテンシャル	27 万 kW	24 万 kW	78 万 kW	103 万 kW	63 万 kW
kW 当たりの年間発生電力量	891.69 kWh/kW	863.01 kWh/kW	1,016.59 kWh/kW	1,000.20 kWh/kW	1,014.54 kWh/kW

※住宅用の条件は戸建 4kW

※kW 当たりの年間発生電力量の出典は新エネルギー財団「都道府県別 kW 当たりの年間発生電力量と年間売電電力量(10 年間)」

## 2. 風力発電

風力発電については、本県は山口県に次いで導入ポテンシャルが高い。また、本県と山口県以外の他県との差も大きいことから、風力発電については県内導入適性が高いと考える。

区 分	島根県	鳥取県	岡山県	広島県	山口県
導入ポテンシャル	245 万 kW	93 万 kW	92 万 kW	193 万 kW	290 万 kW
シナリオ別導入可能量(@20 円、現行コストレベル)	131 万 kW	24 万 kW	28 万 kW	68 万 kW	137 万 kW
シナリオ別導入可能量(@20 円、コストレベル低減)	243 万 kW	92 万 kW	92 万 kW	193 万 kW	288 万 kW

## 3. 小水力発電

小水力発電については、本県の河川部導入ポテンシャルは中国5県で一番高いが、農業用水路の導入ポテンシャルは中国5県いずれも低い。また、本県のシナリオ別導入可能量は河川部で低く、農業用水路は中国5県いずれも低い。

全体的に導入ポテンシャルに対するシナリオ別導入可能量が低いことから、小水力発電についてはコスト改善による採算性向上が導入の鍵になると考えられる。

こうしたことから、小水力発電の県内導入適性はあるものの、導入にあたっては採算性の確認を特に慎重に行う必要があると考える。

なお、県内の農業用水路(開水路)は 6,400 km以上あり(「島根県版機能保全の手引き」より)、小規模なものも含め導入可能な箇所は環境省調査以上にあると想定される。

区 分		島根県	鳥取県	岡山県	広島県	山口県
導入ポテンシャル	河川(地点)	15.4 万 kW (265)	13.6 万 kW (291)	13.7 万 kW (211)	10.7 万 kW (145)	5.3 万 kW (81)
	農業用水(地点)	0 万 kW (0)	0.1 万 kW (5)	0.01 万 kW (1)	0 万 kW (0)	0 万 kW (0)
シナリオ別導入可能量(@20 円、現行コストレベル)	河川(地点)	0.1 万 kW (1)	0.3 万 kW (1)	1.5 万 kW (1)	1.9 万 kW (4)	2.0 万 kW (4)
	農業用水(地点)	0 万 kW (0)	0.01 万 kW (1)	0 万 kW (0)	0 万 kW (0)	0 万 kW (0)

## 4. 地熱発電

地熱発電については、中国5県の導入ポテンシャルはいずれも 53～120℃域の熱水帯となっている。現行の地熱発電では、採算性の面から 120℃以上の熱水帯を必要とするため、中国5県でシナリオ別導入可能量は表出しなかった。

現状における地熱発電の県内導入適性は低いが、低コスト化の実現や温泉の有効活用などによって県内導入の可能性が広がることも想定される。

区 分		島根県	鳥取県	岡山県	広島県	山口県
導入ポテンシャル	150℃～	0 万 kW	0 万 kW	0 万 kW	0 万 kW	0 万 kW
	120～150℃	0 万 kW	0 万 kW	0.01 万 kW	0 万 kW	0 万 kW
	53～120℃	3.32 万 kW	6.05 万 kW	5.07 万 kW	0 万 kW	0.83 万 kW
	計	3.3 万 kW	6.1 万 kW	5.1 万 kW	0 万 kW	0.8 万 kW

## 5. 木質バイオマス

木質バイオマスの導入ポテンシャルについては、未利用間伐材等の県内発生量とその利用量の差である未利用量を推計することにより考えてみたい。

県内の未利用間伐材発生量は約 20 万t/年と推計される。このうち三隅発電所での混焼などに使用されるものが約 3 万t/年であるため、未利用量は約 17 万t/年と推計される。これを原油換算すると約 4 万 5 千 kl となり、未利用間伐材等は大きな資源であると言える。

なお、実際の未利用間伐材等の賦存量は、木材生産量や小径木の価格動向によって増減する。

また、未利用間伐材等は“コストをかけて搬出してもコストに見合わない”、“コストに見合った販売先が見つからない”といったことから、林内に放置されているものである。

こうしたことから、木質バイオマスの県内導入ポテンシャルは高いが、県内導入を促進するためには、単に利用設備を増やすだけでなく、搬出から燃料生産までのコストに対し、販売価格がそれに見合うものとなるよう、生産コスト低減の取り組みが必要と考える。

$$\begin{aligned} \text{○県内の未利用間伐材等} &= 219.3 \text{ 千 m}^3 \times 0.45 \text{ t/m}^3 (\text{絶乾 t (絶対乾燥状態の重量)、重量換算}) \\ &\div (1 - 0.5) (\text{含水率 50\%}) \\ &\rightarrow 197,370 \text{ t (約 20 万 t)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{○原油換算} &= 17 \text{ 万 t} \times (1 - 0.5) \times 20 \text{ MJ} \div 38.2 \text{ MJ/kl} \\ &\rightarrow 44,503 \text{ kl (約 4 万 5 千 kl)} \end{aligned}$$

※: 熱量換算、原油換算、全国林業改良普及協会「森のバイオマスエネルギー」(2001.5)

## II 特に推進すべき再生可能エネルギー

### 1. 導入ポテンシャルからの観点

I の導入ポテンシャルと現行のコストや技術水準を勘案して、県内への導入適性を考えた場合、下表のとおりとなった。

太陽光発電	全国的にも導入ポテンシャルの高い岡山県と本県の年間売電収入を比較すると、本県は岡山県より 5,000 円/kW 安く、県内導入適性が良いとは言い難いと考ええる。
風力発電	中国5県では本県と山口県の導入ポテンシャルが高く、県内導入適性は高いと考ええる。
小水力発電	中国5県の中では本県の導入ポテンシャルは高い。また、本県は多くの農業用水路を有しており、環境省調査以上にポテンシャルは高いと思われる。但し、導入にあたっては採算性の確認を特に慎重に行う必要があると考ええる。
地熱発電	現状における地熱発電の県内導入適性は低いですが、低コスト化の実現や温泉の有効活用などによって県内導入の可能性が広がることも想定される。
木質バイオマス	県内導入ポテンシャルは高いが、県内導入を促進するためには、単に利用設備を増やすだけでなく、チップの安定供給に向けた取り組みなどが必要と考える。



## 2. 地域貢献等からの観点

第6章でも述べたとおり再生可能エネルギーは、この導入によって、エネルギーの供給から消費といった新たな経済活動の場が形成され、これにより地域経済への波及効果が期待できる。

特に木質バイオマスについては、県内に豊富な資源を有するとともに、他の再生可能エネルギーと違い資源の搬出から燃料生産といった経済活動が新たに地域内に発生することから地域貢献度が高いものである。

また、太陽光や風力、小水力などについても、全国的な先進事例として、農業などと結びつけて、燃料費の低減や農外収入の確保、付加価値の創出などといった、単に売電のみを目的とした再生可能エネルギーの導入に留まらず、多目的な利用が行われている。本県においても、地域産業等に資する再生可能エネルギーの多目的な活用方法を模索する必要があると考える。

多目的な利用の一例として地域の防災力を強化するため太陽光発電や小水力などを災害時の非常用電源として活用することが考えられる。具体的には、住宅用太陽光の設置や避難所となる施設への太陽光や小水力発電の導入である。日射量がない、水路が破損したなど、災害によっては機能が確保できなくなる恐れはあるが、危機管理上、通常電源に加えてもう1つの電源があることの意味は大きい。加えて蓄電池を設置することによりさらに機能は強化される。

以上、再生可能エネルギーの導入を地域貢献の観点から考えると、木質バイオマスの利活用推進は再生可能エネルギーの導入だけでなく、地域に貢献するものとして導入を推進していくべきと考える。

なお、他の再生可能エネルギーについては、単に発電事業を行う場合には、採算性などによる県内適性によって普及が進まないと考えられるものもあるが、多目的な利用によって、採算性の向上や防災力強化に繋がり、導入可能性が広がることも考えられる。

## 3. 再生可能エネルギー導入に向けた県支援の考え方

(1) 木質バイオマスについては、導入適性も高く、地域活性化への貢献度も大きいことから、その利用が促進されるよう支援していくことは、重要と考える。

(2) 木質バイオマス以外については、県内導入適性を踏まえた上で、地域の活性化に資する多目的利用を推進していくべきと考える。

特に小水力については、農村地域などでの多目的な利用が可能であるとともに、安定した発電が可能であることから、導入支援を進めていくべきと考える。

(3) メガソーラーや風力発電などの大規模発電事業については、企業立地による効果が期待できるが、開発行為などの地元に与える影響もあるため、地元の意向も確認した上で、個別に判断し対応する必要があると考える。

(4) 住宅用太陽光については、環境意識が高まる中、県民自らの取り組みとして導入が進められているところであり、県の関与があれば、より一層の普及が進むと考える。

## 第8章 県内導入に係るモデル事業の提案

県が施策展開するにあたっては、県内導入の適性と導入による地域貢献度を勘案して「木質バイオマス」の積極的な導入支援とその他の再生可能エネルギーの多目的利用の取り組みとして「小水力」を支援すべきとした。

本章では、この積極的に推進すべきエネルギーについてのモデル事業を提案する。導入にあたっては、県の支援を必要とするものもあるが、再生可能エネルギーの導入を進めるとともに、この導入が地域貢献に繋がるようにするため、県をはじめ関係機関が協力して取り組む必要があると考える。

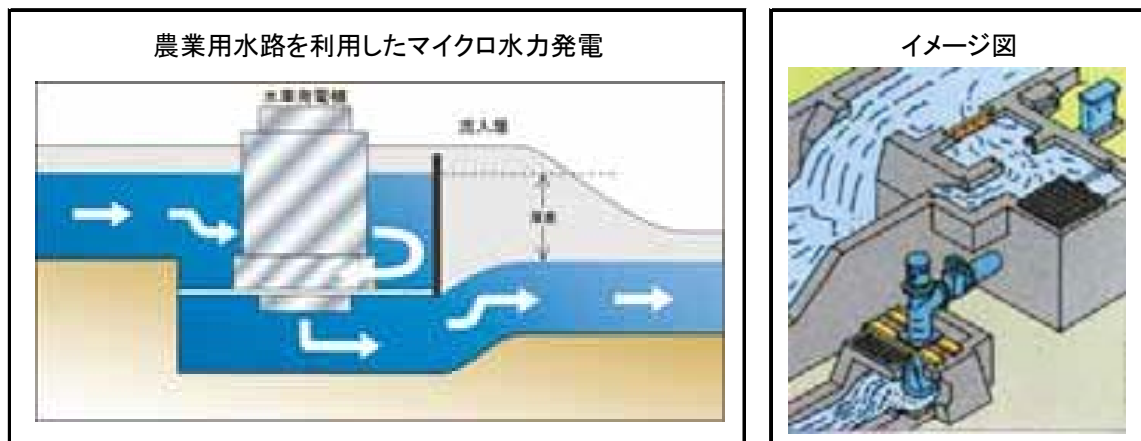
### I 農業用水路におけるマイクロ水力発電の導入

#### 1. 背景

今後の水力発電開発は「各電源別資料(小水力発電)」の中で述べているとおり、中心は小水力、特に100kW以下のマイクロ水力発電であろう。本県の場合、多くの農業水利施設(特に農業用水路)を有しているため、既設水利施設を利用したマイクロ水力発電が導入ポテンシャルとして高いと思われる。そして、発電した電力により農業関連施設の維持管理費の低減を図り、併せて新エネルギーの活用という観点から、地域の活性化が期待される。

中小水力発電は一般水力として同じ水車形式であるため、技術的には、従来設備の小型化したものであり、既に技術確立がなされ、県内でも実施事例が存在している。しかし、本県での波及効果が見込まれる開水路の落差工に比較的簡易に設置することができるような流水利用型マイクロ水力発電設備については、現在、技術開発が進みつつある状況であり、県内では事例がない。そのため、モデル的に『農業用水路(開水路)における導入までのプロセス、課題』をとりまとめた。

なお、以下に、導入までの流れ(案)を示す。



出典：NEDO 新エネルギーガイドブック 2008

#### 【導入までの流れ(案)】

① 導入候補地点の選定	県内における導入の可能性が高い地点の絞り込みを行う
② 概略(基本)設計	発電形式を決め、発電量を試算し、経済性の評価を行い導入の可能性を検討する
③ 実施設計	発電施設を導入するにあたり、実施設計を行う
④ 施設整備	発電施設の工事着手

## 2. 導入における検討事項

### (1) 導入候補地点の選定：マイクロ水力発電導入候補地点の選定

- ① 市町村及び土地改良区などへの聞き取り調査を行う
- ② 既存文献の収集、調査・・・地点の流量、落差等を把握し、判断材料とする
- ③ 現地調査を行い、現地地形を把握する
- ④ 電力供給可能施設を整理する
- ⑤ 電力の使用目的を定める・・・マイクロ水力発電は、発電事業としての経済性の確保が難しいため、地球温暖化防止等への環境貢献など付加価値的な導入目的を明確にすることが重要である

(目的事例)

- ・ 農業施設への電力供給及び売電収入による維持管理費の低減・・・農業水利施設(揚排水機場、電動ゲート等)、鳥獣害防護柵の電気柵、ハウス(電照栽培)等への活用
- ・ 地域防災に向けた利用・・・災害時の非常用電源として利用
- ・ 新エネルギーを活用したシンボリック的な施設利用(地域の活性化に寄与)・・・CO<sub>2</sub>を排出しないクリーンなエネルギー(環境貢献)など付加価値をPRすることにより地域の活性化を図る
- ・ 環境学習の場として利用

- ⑥ 上記(①～⑤)を踏まえ、目的、概略的な想定発電規模を算出する

#### ポイント

- ◇ 一般的に農業用水路はかんがい期と非かんがい期では流量が異なるため、最大流量を決める際、考慮する必要がある

### (2) 概略(基本)設計：発電形式、発電電力量、用途より経済性を算出し、導入の可能性を検討

- ① 準備作業

資料の整理、現地踏査

- ② 基本事項の検討

- ・ 設計流量と発電形式(需要施設、必要電力量)の検討
- ・ 落差の検討
- ・ 発電電力量の算定
- ・ 電力用途の検討(自家消費、自家消費+余剰売電、全量売電)
- ・ 概算事業費の算出
- ・ 経済性の検討・・・概算工事費、維持管理費、売買電費を算出し、減価償却期間を踏まえ、経済性評価を行う

- ③ 各種法令に基づく事前協議に必要な資料の把握と作成

主な諸手続は、発電事業者として電気事業法に係わる申請及び電力設備における電力会社への諸手続、河川法に基づく水利権許可(水利使用の許可)申請、土地改良法に基づく計画書の策定などがある。

- ④ 総合的な判断・・・上記(①～③)を踏まえ、水力発電が可能であるか判断

ポイント

◇ 水利権の許可申請など、申請～許可までに多くの時間を要するため、事前の協議、調整が必要である。

(3)概略(基本)設計における経済評価について : 新潟県における導入モデル検討事例

平成22年度に新潟県が小水力発電の導入可能性について調査、とりまとめた報告書(新潟県地域新エネルギー重点ビジョン報告書)より農業用水利用の導入検討モデルを抜粋し、考察する。

※ 新潟県下における小水力発電導入候補地から可能性の高い地点を選び、モデル的に概略検討を行ったもの(農業用水利用のモデルを抜粋)を引用する。

【導入モデル事例】

■ 幹線用水路1号落差工 ～落差工へ直接水車を設置する方式～

- ・ 使用水量 : かんがい期3.0m<sup>3</sup>/s、非かんがい期1.0m<sup>3</sup>/s
- ・ 落差 : 1.2m
- ・ 水車形式 : チロリアンクロスフロー水車 2台(非かんがい期1台、かんがい期2台)

[ 地点状況 ]



現地調査にて撮影

設備実現のイメージ図



資料提供:東京発電(株)



評価項目一覧

ケース	電力の用途	2	3	4	参考		
		売電 (現行RPS 制度)	売電 (全量買取制度)		売電 (全量買取制度)		
	売電価格(自家消費相当額) [円/kWh]	7.8	15	20	15	20	
	年間予想発電量 [kWh]	98,000	98,000		98,000		
A	建設費 [千円]	30,000	30,000		22,500		
B	補助金設定率 [%]	50	50		50		
C	維持管理費(年支出額) [千円/年]	330	330		330		
	(1) 電気主任技術者委託費 [千円]	0	0		0		
	(2) 修繕費 [千円]	100	100		100		
	(3) 修繕積立費 [千円]	100	100		100		
	(4) その他 [千円]	130	130		130		
D	年収入額 [千円/年]	764	1,470	1,960	1,470	1,960	
	(1) 自家消費 [円]	0	0	0	0	0	
	(2) 売電料金 [円]	764	1,470	1,960	1,470	1,960	
E	単年度収支 (D-C) [千円]	434	1,140	1,630	1,140	1,630	
F	投資回収年 $A \times (100 - B) / 100E$ [年]	補助金有	35	14	10	10	7
		補助金無	70	27	19	20	14
G	二酸化炭素低減効果 [t-CO2/年]	54.9	54.9		54.9		

※送電線設置費用との兼ね合いから、自家消費は不適と判断し、全量売電での検討

※工事費用は積算結果によるものではなく、類似例等から5百万円単位でのレベルの想定額とする

※参考は、今後の技術革新による建設費の低減が期待できることから25%ダウンしたパターンを試算

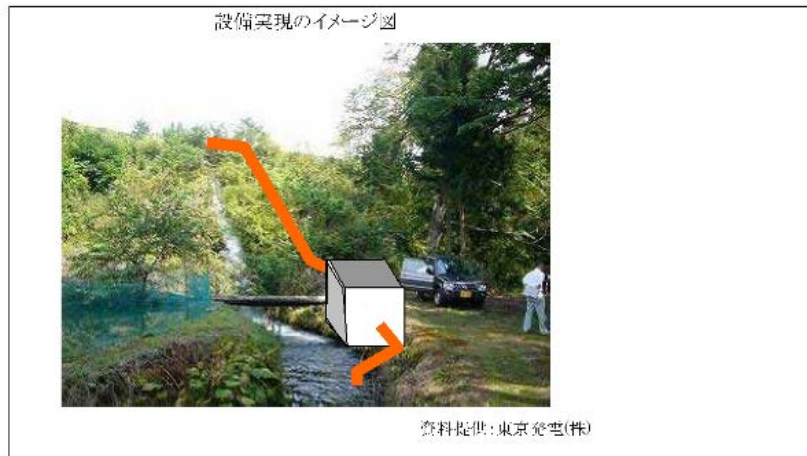
■ 用水路急流工 ～急流工地点の上流部から下流部へパイプラインを敷設し導水する方式～

- ・ 使用水量 : かんがい期0.5m<sup>3</sup>/s、非かんがい期0.3m<sup>3</sup>/s
- ・ 落差 : 5.0m
- ・ 水車形式 : プロペラ水車

[ 地点状況 ]



現地調査にて撮影



評価項目一覧

ケース	電力の用途	2	3	4	参考		
		売電 (現行RPS 制度)	売電 (全量買取制度)		売電 (全量買取制度)		
	売電価格(自家消費相当額) [円/kWh]	7.8	15	20	15	20	
	年間予想発電量 [kWh]	103,000	103,000		103,000		
A	建設費 [千円]	45,000	45,000		33,750		
B	補助金設定率 [%]	50	50		50		
C	維持管理費(年支出額) [千円/年]	900	900		900		
	(1) 電気主任技術者委託費 [千円]	470	470		470		
	(2) 修繕費 [千円]	100	100		100		
	(3) 修繕積立費 [千円]	200	200		200		
	(4) その他 [千円]	130	130		130		
D	年収入額 [千円/年]	803	1,545	2,060	1,545	2,060	
	(1) 自家消費 [円]	0	0	0	0	0	
	(2) 売電料金 [円]	803	1,545	2,060	1,545	2,060	
E	単年度収支 (D-C) [千円]	▲ 97	645	1,160	645	1,160	
F	投資回収年 $A/(100-B)/100E$ [年]	補助金有	—	35	20	27	15
		補助金無	—	70	39	53	30
G	二酸化炭素低減効果 [t-CO2/年]	57.7	57.7		57.7		

※近隣に自家消費利用できる設備が見あたらないため、全量売電で検討

※工事費用は積算結果によるものではなく、類似例等から5百万円単位でのレベルの想定額とする

※参考は、今後の技術革新による建設費の低減が期待できることから25%ダウンしたパターンを試算

■ 導入地点検討の考察

導入地点の地形条件により、発電出力規模及び土木コストが大きく変わるため、個別箇所ごとの検討が必要である。また、投資回収年数もどの程度なら適切であるのか判断が必要。

売電価格15円/kWhにおける2つの導入モデルの比較

	導入モデル1 〔用水路落差工〕	導入モデル2 〔用水路急流工〕
単年度収支 (千円)	1,140	645
投資回収年 (年)	補助金有(50%)	14
	補助金無	27

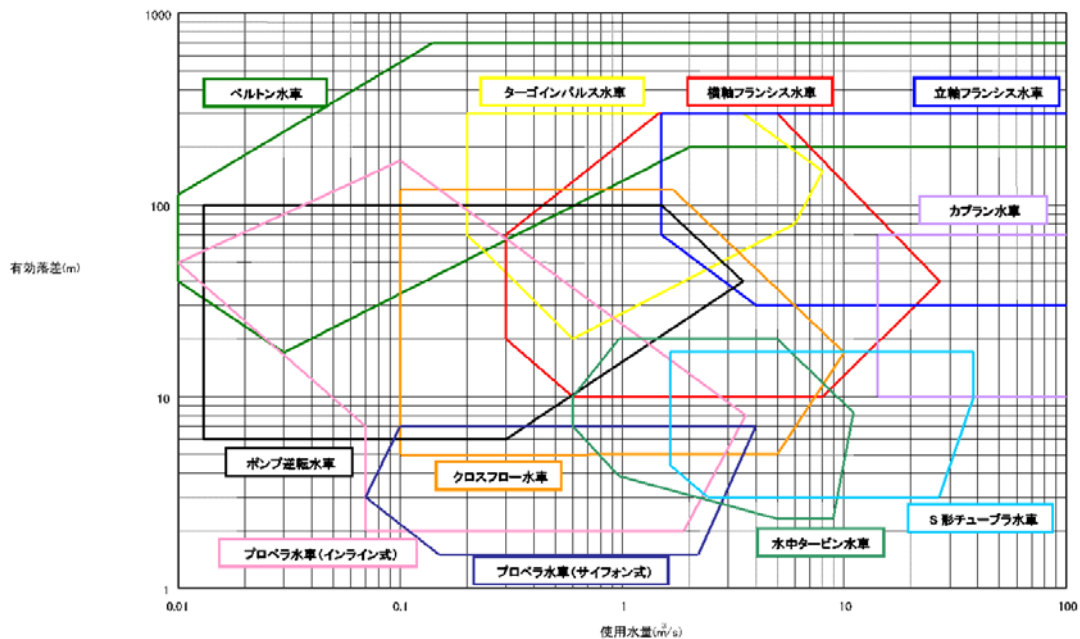
(4)実施設計：各関係機関への手続き・申請資料の作成及び工事発注に必要な図面、数量等の作成

- ① 発電施設の詳細設計・・・マイクロ水力発電設備を設置するにあたり、詳細設計を行う
- ② 工事発注に必要な資料の作成・・・図面、数量等
- ③ 各種法令による申請資料の作成

3. 水車形式

(1)水車の選定・・・落差と流量から対応可能な水車を選定する。

水車の適用範囲を次表に示す。



出典：経済産業省 資源エネルギー庁、財団法人 新エネルギー財団 ハイδροバレー計画ガイドブック (平成17年3月)

①ベルトン水車

ベルトン水車は、ノズルから噴出する水をバケットに衝突させる衝動水車である。高落差・小流量地点に適し、大型機から小型機まで多くの採用例がある。ベルトン水車は流量調整機構(ニードル)を持ち、流量調整を要する地点にも適用可能である。

資料提供: 東京発電(株)

②プロペラ水車 (インライン式)

低落差地点向けの水車である。高落差地点に適用する場合は直列に水車を配置し、流量の多い地点では並列に水車を配することで対応が可能となる。流量調整機能を有するタイプもある。

資料提供: 東京発電(株)

③プロペラ水車 (サイフォン式)

サイフォン効果を利用して発電を行う。起動時はポンプとして運転後水車として発電を行う。流量調整機能を持たないため、流量の豊富な場所でも一定流量が望ましい。

資料提供: 東京発電(株)

④クロスフロー水車

クロスフロー水車は、水流が直角方向より流入し、ランナ内を貫通して流出する衝動水車であり、流量調整できる機構(ガイドベーン)を備えている。

ガイドベーンを1/3ガイドベーンと2/3ガイドベーンに分割したものでは、負荷に応じて操作が可能で、低流量でも効率の低下を小さくすることができる特徴を有する。

資料提供: 東京発電(株)

⑤チロリアン・クロスフロー水車 (落差工式・急流工式)

農業用水路(落差工・急流工)向け水車として開発された。水車上部を流水の一部が越流することで、除塵効果を有すると共に、吸出効果を利用して落差工の高低差を有効落差として利用する。

資料提供: 東京発電(株)

出典:新潟県産業振興課「新潟県地域新エネルギー重点ビジョン」報告書(平成23年2月)

## (2) 流水利用型(低落差)発電設備 …… マイクロ水力発電設備の開発

近年、低落差で流速エネルギーを活用する流水利用型発電設備の開発が行われている。この研究が進めば、本県における導入ポテンシャルの高い農業用水路等への活用が期待される。

### 【発電設備事例】

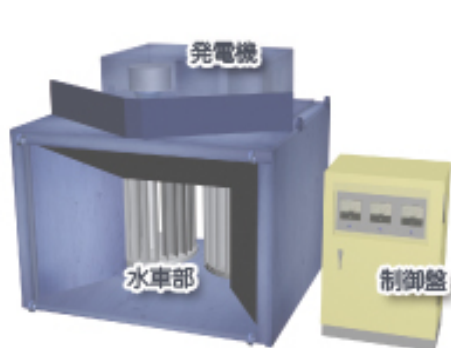
#### ■ 流水式小水力発電装置 スモールハイドロストリーム(シーベルインターナショナル株式会社)

大規模な土木工事が不要なユニット型水力発電装置で小さな水路への設置が可能である。

(標準使用範囲)

- ・ 発電出力 1kW～10kW
- ・ 有効水位差 0.5m～3.3m
- ・ 標準価格(税抜き) 1kW:4,050千円～10kW:16,000千円

※除塵設備等の付帯設備は別途



※資料提供 シーベルインターナショナル株式会社

## 4. 課題解決と支援策

### (1) 導入候補地点の選定

(課題) マイクロ水力発電の導入について、市町村及び土地改良区が実施する場合、県内での導入実績はなく、どのような地点で可能なのか知見がないことが導入検討・推進していくことの支障となっている。

→(解決策・支援策) 県により県内のマイクロ水力発電導入候補地点の選定を行い、とりまとめ、公表する。候補地点及び可能性を公表することにより、市町村などにおける導入検討のきっかけとしたい。

### (2) 投資回収期間の長期化

(課題) マイクロ水力発電の1箇所当たりの発電出力や発電量は小規模であるため、投資の回収期間の長期化など経済性の確保が難しい傾向にあり、初期導入コストの低減が望まれる。

→(解決策・支援策) 県及び市町村等により、設置コスト(初期原価)に対し、支援を行う。

※農水省国庫補助 50%有り …… 投資回収年を考慮し決定する必要がある。



### (3) 除塵設備

( 課 題 ) 農業用水路において、流れてくる草やゴミの処理が問題。効率よく取り除くには除塵機が有効だが、高額なコストがかかる。

→(解決策・支援策) 除塵機を導入しない場合、除塵スクリーンを設置し、人力による細やかな管理が必要である。地元や土地改良区へ管理委託することが良いと思われる。

※栃木県那須野ヶ原土地改良区連合のように、人力によるゴミ取りは必要であるが、より除塵能力が高い、独自の除塵スクリーンを設置している事例もある。

### (4) 売電価格の設定

( 留 意 事 項 ) 小水力発電による経済性は、電力会社への売電収入と自家発電により置き換わる買電料によって決まる。現在の一般的な電気料金は、買電価格 > 売電価格となっていることに加え、発電量も限られる(通常、供給施設見合い電力量までの発電量としている。)ことから電力会社との売電価格を協議する際は、発電原価(円/kWh)(年間経費÷年間発生電力量)を上回る売電価格に設定しなければ採算がとれなくなる。

→(検討事項) 売電価格については「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」による固定価格買取制度により、決定する予定(15円～20円/kWh)であり、考慮が必要である。

## 5. まとめ

本県の場合、多くの農業水利施設を有しており、これらを利用したマイクロ水力発電の導入ポテンシャルは高いと思われる。農村地域では、農家数の減少や高齢化等により土地改良施設の維持管理費が農家の大きな負担となっており、これらについて、マイクロ水力発電により維持管理費の低減を図ることは、非常に有益である。

現在、マイクロ水力発電に本格的に取り組んでいる事例はないが、強い関心を持っている市町村は少なくない。しかし、意欲があってもどこから、どのように手を付けて良いのかわからないといった状況である。

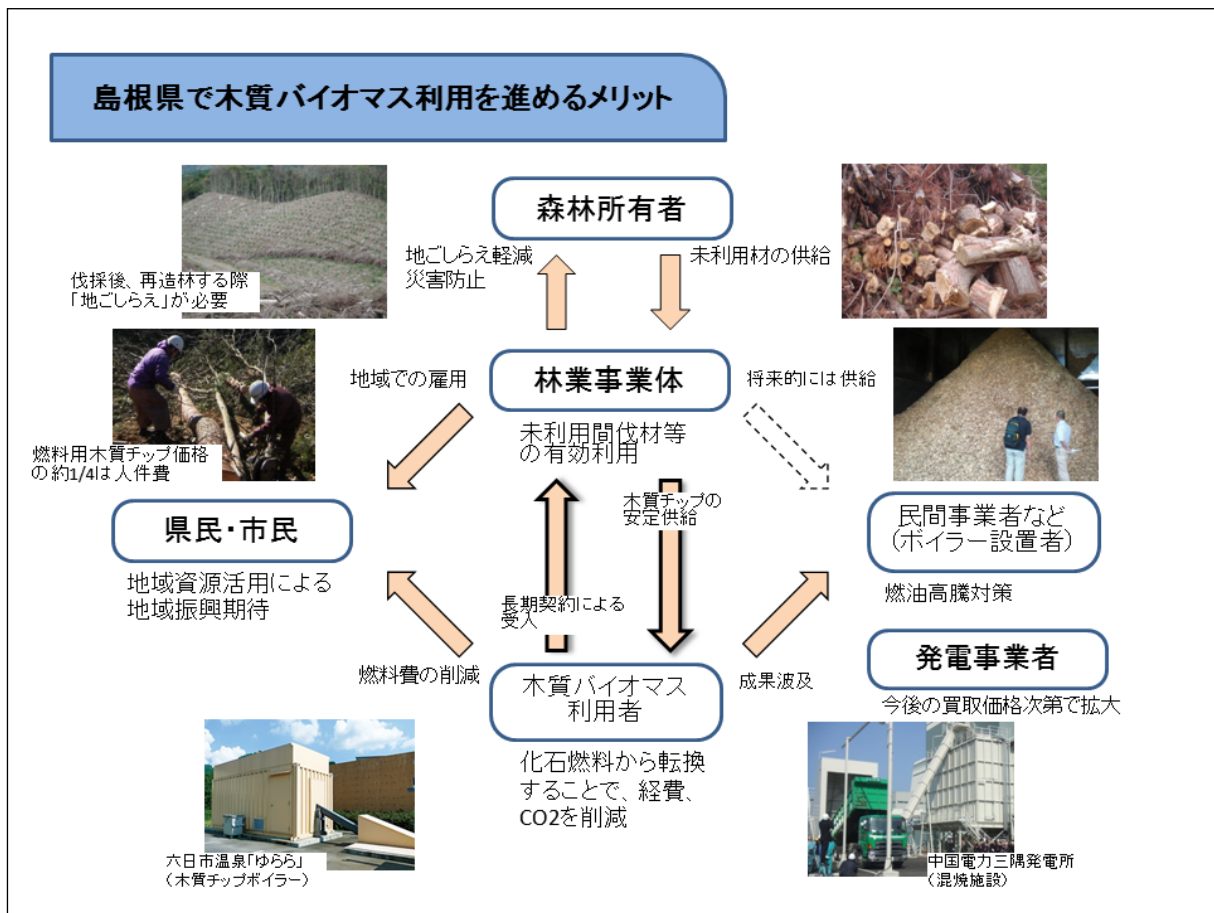
そのため、まずはこうした意欲的な市町村を中心に、導入要望が強く、可能性が高いと思われる地点を絞り込み、県が技術的、経済的支援を行うことで一歩を踏み出し、こうした取り組みを波及拡大していくことが効果的であると思われる。

## II 島根県で木質バイオマス利用を進めるにあたって

### 1. 島根県で木質バイオマス利用を進めるメリット

木質バイオマスの生産に際しては、林内に既に放置された未利用間伐材等を回収することは経費がかかるため、通常の木材生産活動と併せて行う必要がある。本県は全国第3位の森林率を誇る森林県であり、豊富な森林資源を背景とした木材生産を積極的に行うことと併せて、木質バイオマスの生産も増加させることができる。

木質バイオマスの生産は、施設を設置すればエネルギーを得られる他の再生可能エネルギーとは異なり、地域の雇用へ継続的に貢献するとともに、再生林を行う際の地ごしらえ作業の軽減や、災害の防止にもつながる。



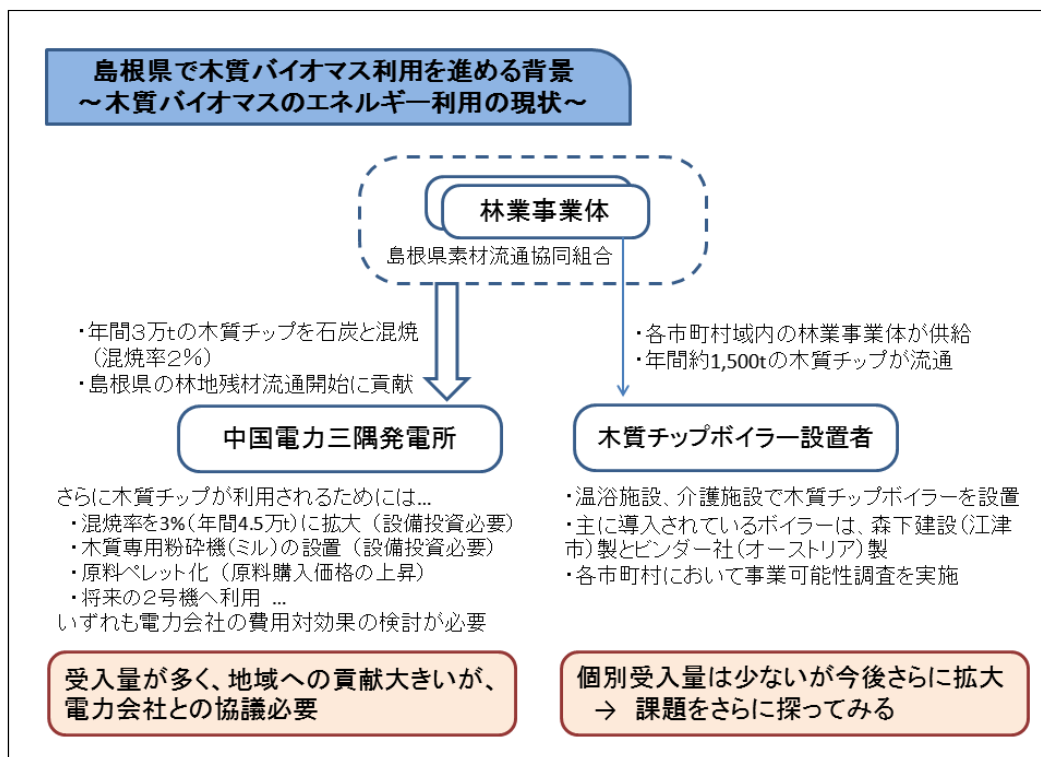
### 2. 島根県における木質チップのエネルギー利用の現状

本県における木質チップのエネルギー利用は、大きく2種類に分けられる。

1つは平成23年2月から開始された中国電力三隅発電所における石炭混焼での利用。2つめは主に温泉施設などで進みつつある木質チップボイラーでの利用があげられる。

いずれも化石燃料である石炭や重油に代わって木質チップを利用するため、使用量の多い施設がより多くのCO2削減に貢献し、森林資源の有効活用につながるが、大規模施設である場合、施設設置にあたって多額の設備投資を要するため、長期的な視点で検討していく必要がある。

一方、温泉施設などは施設ごとの使用量は多くはないものの、民間施設を含め潜在的な需要が多いため、今後の波及効果が大きいといえる。



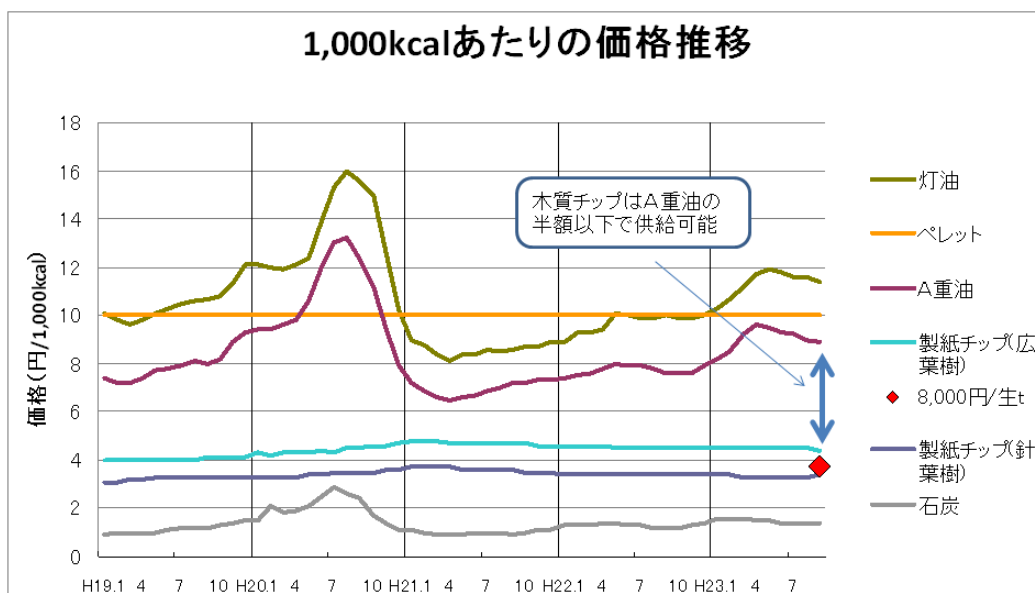
### 3. 木質チップボイラーの導入拡大

現在県内の多くの熱利用施設で使われている灯油や、重油は、ここ数年高値が続いており、社会情勢による変動が多く、さらに将来的にも上昇するといわれている。

一方、木質チップは、市町村が行う事業可能性調査で想定している8,000円/生t程度での価格や、製紙用チップの価格が、A重油の半額以下となっており、ランニングコストの低減に寄与することが伺える。

木質チップボイラーは、通常の油焚きボイラーに比べ、設備費が5～8倍程度するものの、耐用年数が1.5～2倍と長い場合、初期投資への負担さえ乗り切れば、ランニングコストの低減効果と併せ、トータルコストを抑えることができると考えられる。

上記の経済的背景に加え、地域の森林資源の利用や雇用に貢献することから、県内の多くの市町村で、木質チップボイラーなどの設置が検討されている。



#### 4. 木質バイオマスを安定供給するための課題と解決策

木質バイオマスは、他の再生可能エネルギーと異なり、木質チップボイラーなどの需要施設の導入が進めば、自ずと木質バイオマスの供給が増加する訳ではなく、施設が設置された後、継続的に木質バイオマスが供給されなければならない。

しかし、零細な林業事業体等にとって木質バイオマスはこれまで取り扱ってこなかったものであり、指定されるチップの品質に対し、どの程度の設備投資を行い、どの程度までの技術を高める必要があるかなど、不透明な要素が多い。

現在施設設置を検討している市町村等は、木質バイオマスの供給を不安視しており、地域の未利用資源利用に向けた機運に水を差している。

こうしたことから、木質チップが安定的に供給されるための4つの課題と、考えられる解決策をあげる。

#### 島根県で木質バイオマス利用を進めるにあたって ～安定的に供給するための課題～

市町村では公共施設に木質ボイラーを積極的に導入する動きがある一方、零細な林業事業体からの木質バイオマスの安定供給を不安視している

#### 木質バイオマスを安定的に供給するための4つの課題

課題① 切削チップの安定的な供給

課題② 未利用間伐材等の効率的な集材

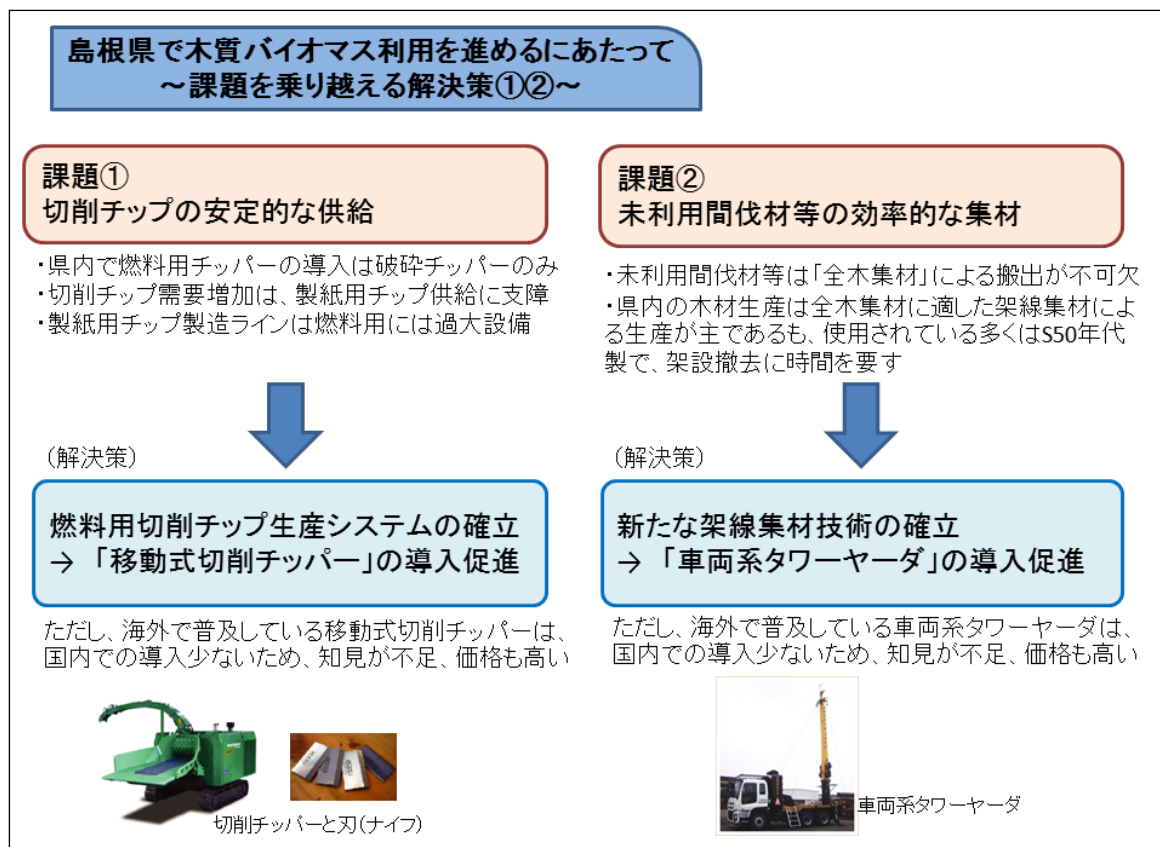
課題③ 含水率の低いチップの供給

課題④ 木質バイオマスの安定供給体制



切削チップ

※破碎チップは燃料サイロから搬送時にブリッジ(詰まり)が発生するため木質チップボイラーには切削チップが利用されている



まず課題①として、切削チップの安定的な供給が課題としてあげられる。

現在、中国電力三隅発電所に供給されている燃料用チップには、破碎、切削を問われておらず、初期投資の安い破碎チップパーが導入されてきた。

一方、今後需要が見込まれる木質チップボイラーには、施設内で詰まりにくい切削チップが指定されており、現状では製紙用チップ工場でなければ供給ができない。

製紙用チップの製造工程には、燃料用チップには不要な工程もある上、主製品である製紙用チップの供給を優先する必要があるため、燃料用チップが安定的に供給されるのか懸念されている。

こうした課題に対する解決策として、移動式切削チップパーの導入が考えられる。

移動式切削チップパーは、破碎チップパーに比べ生産効率が格段に高く、海外のチップ生産では一般的となっている。日本国内では普及が進んでいないため価格が高く、導入台数も少ないことから、目に触れる機会も少なく、県内にも導入されていない。

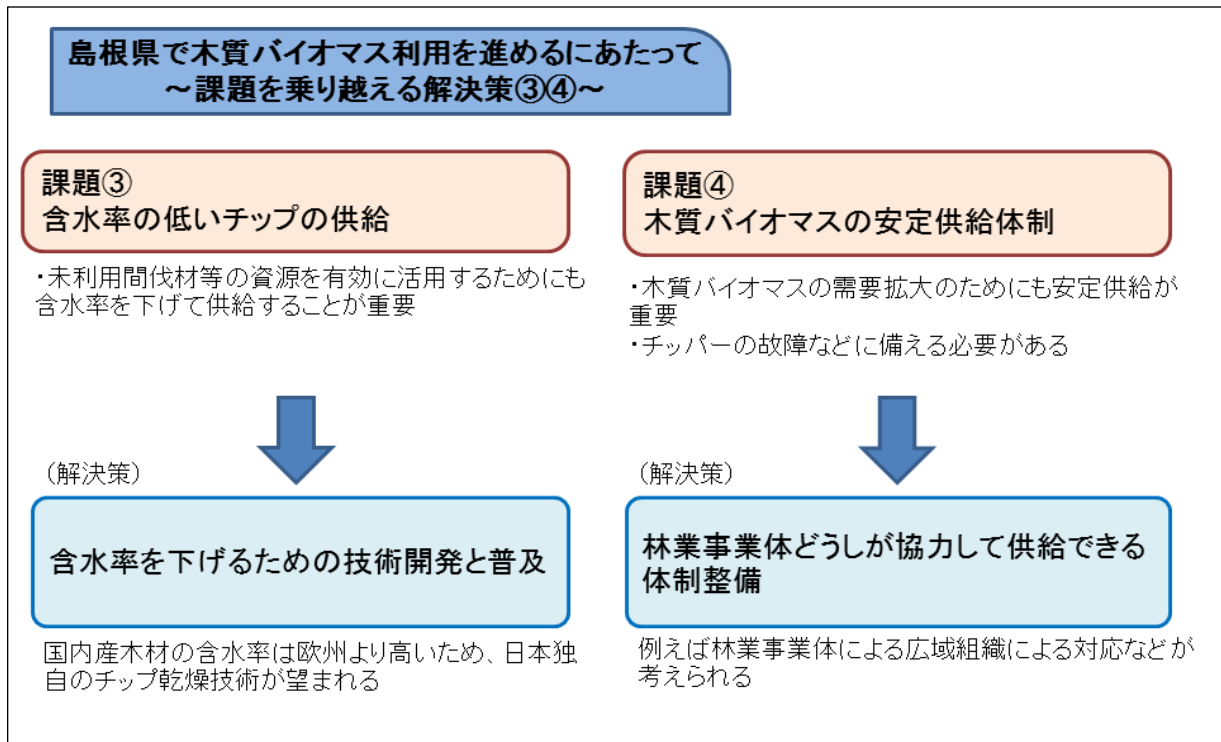
課題②として、未利用間伐材等の効率的な集材技術の向上があげられる。

未利用間伐材等の搬出コストを下げるためには、枝葉が付いたまま集材を行う「全木集材」が不可欠であり、そのため集材機による架線集材が適している。

県内の森林は急傾斜地が多く、主伐には集材機が一般的に用いられているが、その形は昭和40年代から変わっておらず、架設に4～7日を要し、機械自体も昭和50年代のものが多く使われている。

海外であっても同じ急傾斜地の多いオーストリアでは、車両系のタワーヤードが普及している。

集材距離は若干短くなるものの、架設撤去は数時間で完了するため、今後はこのような機動性に優れた機械を導入し、効率的な集材を行うことが未利用間伐材等の安定的な供給につながるといえる。



さらに、木材の本来持っている熱量を無駄なく利用し、資源を有効活用するためにも、できるだけ含水率を下げるが必要となってくる。

この問題は含水率の低い木材の多い海外の事例は参考にならないため、国内で地道に実践していくしかないが、これまで製材品に利用されてきた木材乾燥技術を木質チップに応用していくことで技術を獲得し、普及していくことが必要であるといえる。

また、需要者が安心して木質チップボイラーの導入を進められるよう、供給者である林業事業者はお互いに連携し、機械故障時などのバックアップ体制を整えておく必要がある。



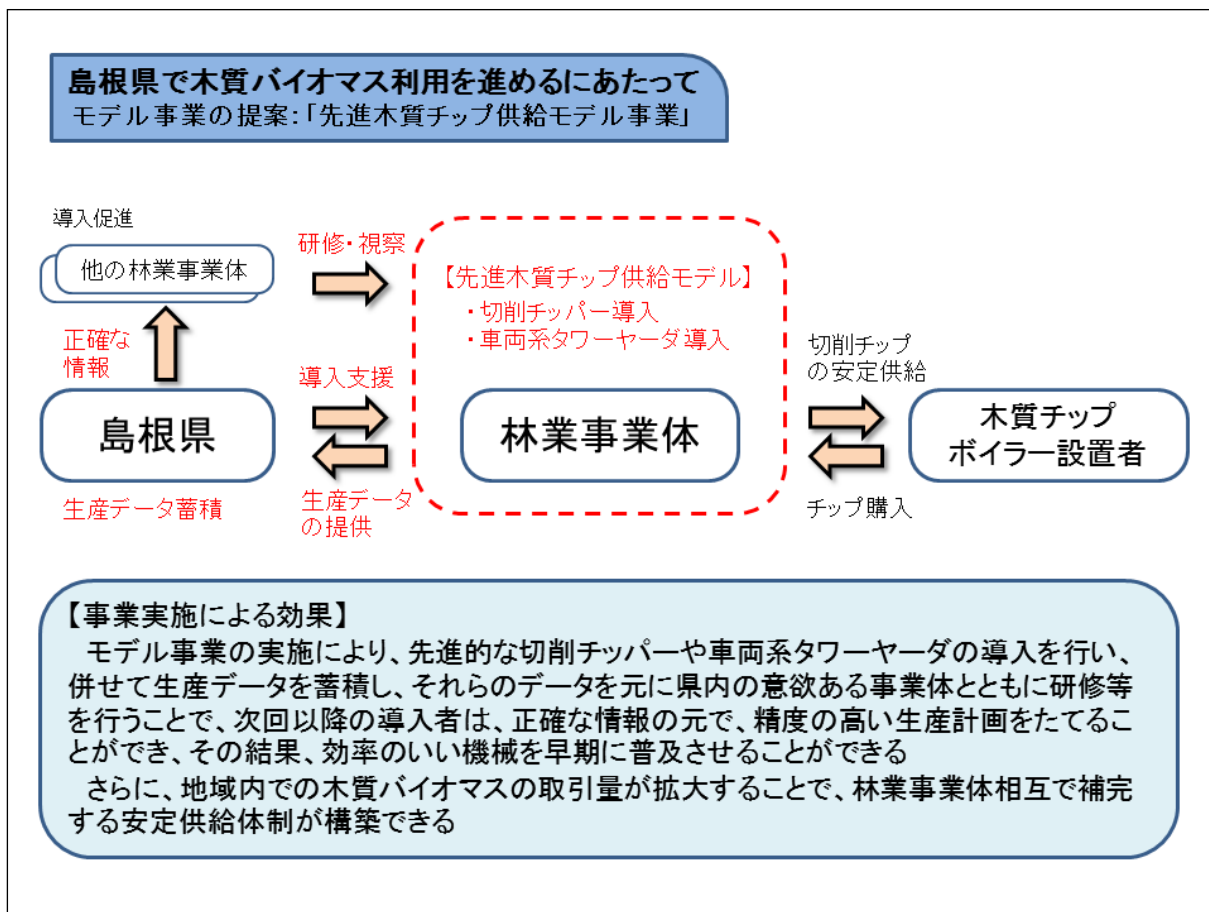
### 5. モデル事業の提案

最後に、切削チップの安定的な供給(課題①)と、未利用間伐材等の効率的な集材(課題②)について、考えられるモデル事業を提案する。

両者の課題に共通するのは、木質バイオマス利用の先進地である海外では一般的となっている生産方法であっても、国内では導入例が少ないため、価格も高く、生産データなどの知見が不足している点である。

たとえ機械購入のための補助事業があったとしても、リスクの少ない従来システムを選択してしまうため、既に発生しようとしている木質チップ需要にこたえられない恐れがある。

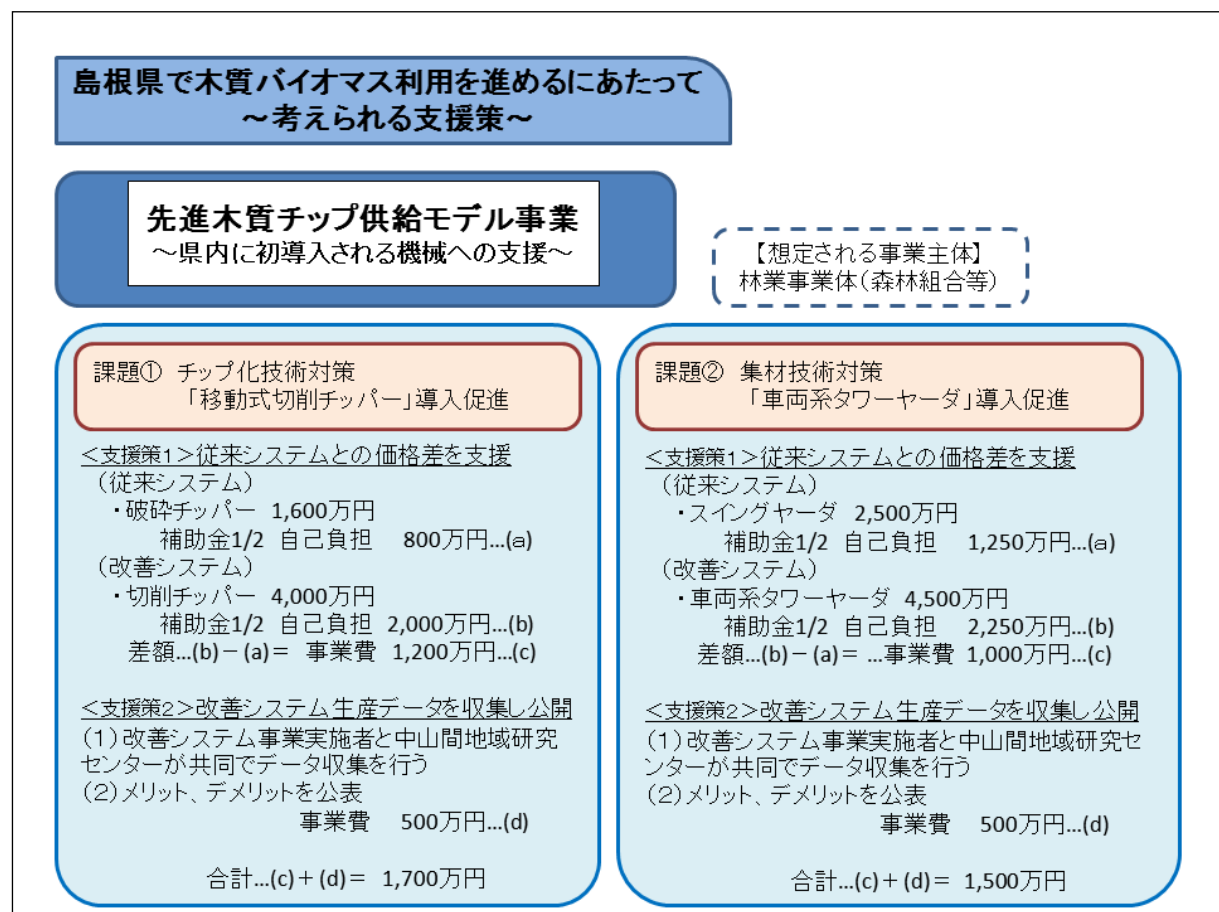
こうした先進林業機械を積極的に導入しようとする事業者(ファーストムーバー)のリスクを軽減し、導入によって得られた知見が円滑に他の事業者へ移転される仕組みが必要である。



## 6. 提案したモデル事業の具体的な支援策

林業事業体が、県内で初めて移動式切削チップパーなどの先進林業機械を導入する場合は、生産効率の向上が見込める一方、生産時に発生する問題点などが不明のまま導入しなければならない。このようなリスクは数値で表すことはできないが、従来システムと同程度の負担でなければ、改善システムを導入する事業体は県内にいないと思われる。

そこで、従来システムと改善システムの価格差を支援することで先進林業機械の導入を促し、導入された機械による生産データを島根県で蓄積し、広く林業事業体を対象とした研修会によって成果を公表することで、次回以降の導入を促進し、効率のいい機械の普及につなげることができる。





## <あとがき>

今回の政策提案のテーマは、「エネルギー政策」と「再生可能エネルギー」であったが、検討を行う中でつくづく痛感したのは、やはりエネルギー政策は、様々な観点や要素を加味せねばならず、簡単には結論が出せるものではないということだった。

エネルギー資源の乏しい我が国においては、安定供給を確保するために様々なリスクを考慮した上で、多様なエネルギー供給源を確保していく必要があり、当然、これには安全性の確保や価格面でのバランス、さらには地球温暖化対策への配慮も必要になる。

福島原発の事故を受け、安全で環境にやさしいエネルギー源として、再生可能エネルギーに注目が集まっており、政府も導入拡大に向けた取り組みを進めようとしているが、太陽光や風力発電は出力変動が大きく、電力の安定供給を確保するためには、解決すべき課題も多い。

特に目の前の問題として、どのように電力需給バランスの改善を図るのかという問題がある。再生可能エネルギーの導入や省エネルギーの取り組みを積極的に進めたとしても、この成果が出てくるのには時間を要すると考えられる。また、火力発電所を新增設するという考え方もあるが、これにも設置までに時間がかかることや地球温暖化対策をどうするのかという問題がある。

電力供給に関しては、現状の電力供給体制を維持すべきという意見もあれば、安全のためには我慢も必要との意見もある。

我々、検討グループでは、約半年間にわたり、文献検索や専門家の方々との意見交換、導入事例の調査などを通じ検討を行ってきた。しかしながら、勉強すればするほど、一つの要素を理解していく毎に、全体の問題であるエネルギー政策の難しさを知ることとなった。また、様々な要素や観点が関連していることを理解することになった。

こうしたことから、本報告書では、エネルギー政策については論点整理するに留め、再生可能エネルギーの県内導入を進めるためのモデル事業を提案するとともに、エネルギー政策を考える上での参考となるよう、関連項目の記事をなるべく多く記載することとした。

限られた時間の中で書くべきことが書けたのか不安もあるが、本報告書が読んでいただいた方の参考になれば幸いである。

最後に、我々検討グループの政策提案にあたりご協力をいただいた方々に深く感謝を申し上げます。

<参考図書一覧(あいうえお順)>

新たな地域づくりと木質バイオマスの普及に関する政策提言(岩手・木質バイオマス研究会)、  
エネルギー・環境会議資料(内閣府)、エネルギー基本計画(資源エネルギー庁)、  
エネルギー白書 2010(経済産業省)、火力発電の基本と仕組み(火力原子力発電技術協会)、  
原子力委員会資料(内閣府)、幻想のバイオマスエネルギー(久保田宏・松田智)、  
再生可能エネルギー技術白書(NEDO)、  
再生可能エネルギー導入の手引き(平成 23 年 3 月)((財)日本水土総合研究所)、  
小水力発電事業化への Q&A(平成 17 年 3 月)((社)農業土木機械化協会)、  
小水力エネルギー読本(小水力利用推進協議会)、  
しまね木質バイオマスエネルギープラン(島根県地域振興部)、  
自然エネルギー白書(NPO 環境エネルギー政策研究所)、新エネルギーガイドブック 2008(NEDO)、  
重点ビジョン報告書(平成 23 年 2 月)(新潟県産業振興課)、  
図解 新エネルギーのすべて(化学工学会 SCE・Net 編)、図解 新エネルギー早わかり(早稲田 聡)、  
水力発電に関する研究会資料(資源エネルギー庁)、スマートグリッド(横山明彦)、  
総合資源エネルギー調査会基本問題委員会資料(経済産業省)、  
地熱発電の現状と動向 2009 年((社)火力原子力発電技術協会)、  
低炭素社会構築に貢献する 水力発電の着実な開発実施に向けた提言((財)新エネルギー財団)、  
低炭素社会に向けた水力発電のあり方に関する報告書((財)新エネルギー財団)、  
電力ガス(圓尾雅則)、統計情報 電力調査統計(資源エネルギー庁)、  
Dr. オカモトの系統ゼミナール(岡本 浩、藤森礼一郎)、トコトやさしい風力発電の本(牛山 泉)、  
燃料用チップ供給の手引き(岩手県林業技術センター)、  
廃棄物処理、再資源化技術ハンドブック(建設産業調査会)、  
ハイドロバレー計画ガイドブック(平成 17 年 3 月)((財)新エネルギー財団)、  
バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第 3 版)(NEDO)、バイオマス活用推進基本計画(農林水産省)、  
バイオマス資源の燃料化(7)(機械の研究第 61 巻第 4 号)、  
バイオマス白書 2011・・・NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク、  
平成 20 年度島根県木質バイオマス石炭混焼研究会報告書(島根県地域振興部土地資源対策課)、  
平成 20 年度中小水力開発促進指導事業基礎調査(未利用落差発電包蔵水力調査)報告書(平成 21 年  
3 月)((財)新エネルギー財団)、  
平成 21 年度木質系バイオマス熱利用事業化可能性調査報告書(川本町)、  
平成 22 年度奥出雲町地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業報告書(奥出雲町)、  
平成 22 年度雲南市地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業報告書(雲南市)、  
平成 22 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書(環境省)、  
平成 22 年度地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業新潟県地域新エネルギー重点ビジョ  
ン報告書(平成 23 年 2 月)(新潟県産業振興課)、平成 23 年度森林・林業白書(林野庁)、  
中国地域における国産材、林地残材、間伐材等の利活用方策の検討調査報告書(中国経済産業局)、  
中国地域における木質バイオマス利活用の現状と課題に関する調査(中国経済連合会)、  
農業水利施設ストックマネジメントマニュアル[共通編](農林水産省関東農政局利根川水系土地改良調  
査管理事務所保全対策センター)、  
木質エネルギービジネスの展望(熊崎実)、  
木質資源利用ビジネス促進事業のうち木質ペレット供給安定化報告書((財)日本住宅・木材技術センター)、  
木質バイオマス利用施設等整備におけるコスト分析について(林野庁木材利用課)、  
森のバイオマスエネルギー((社)全国林業改良普及協会)